39015 00013713 6b

P. Groth

# Chemische Krystallographie

Zweiter Teil

# CHEMISCHE KRYSTALLOGRAPHIE

VON

P. GROTH

ZWEITER TEIL

## DIE ANORGANISCHEN OXO- UND SULFOSALZE.

MIT 522 TEXTFIGUREN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1908

# Inhaltsverzeichnis.

## Cyanate und Thiocyanate.


**Einfache Salze.** Seite

Monocyanate und -thiocyanate . . . . . 1
Dithiocyanate . . . . . 3
Trithiocyanate . . . . . 5

**Doppel- und Tripelthiocyanate.**

Salze zwei- und einwertiger Metalle . . . . . 8
Salze zwei- und zweiwertiger Metalle . . . . . 10
Salze drei- und einwertiger Metalle . . . . . 11
Salze drei- und zweiwertiger Metalle . . . . . 12
Salze vier- und einwertiger Metalle . . . . . 15
Salze vier- und zweiwertiger Metalle . . . . . 17


## Nitrite (incl. Halogenonitrite) und deren Ammoniak- und Alkylsulfidverbindungen.


**Einfache Salze.**

Nitrite einwertiger Metalle . . . . . 18
Nitrite zweiwertiger Metalle . . . . . 20
Nitrite dreiwertiger Metalle . . . . . 23

**Doppel- und Tripel-Salze.**

Doppelnitrite einwertiger Metalle . . . . . 27
Doppel- (und Tripel-) -Nitrite zwei- und einwertiger Metalle . . . . . 28
Doppelnitrite zwei- und zweiwertiger Metalle . . . . . 45
Doppelnitrite drei- und einwertiger Metalle . . . . . 51
Doppelnitrite vier- und einwertiger Metalle . . . . . 54
Doppelnitrite sechs- und einwertiger Metalle . . . . . 56


## Nitrate. Chlorate, Bromate, Jodate.


**Einfache Salze.**

Wasserfreie Nitrate einwertiger Metalle und Atomgruppen . . . . . 57
Wasserfreie Chlorate, Bromate, Jodate und Fluorojodate einwertiger Metalle und Atomgruppen . . . . . 78
Hydrate und Ammoniakverbindungen von Nitraten, Chloraten usw. einwertiger Metalle . . . . . 96
Verbindungen von Nitraten, Chloraten usw. einwertiger Elemente mit Halogeniden und Cyaniden . . . . . 99
Wasserfreie normale Nitrate, Chlorate usw. zweiwertiger Metalle . . . . . 103
Wasserhaltige normale Nitrate, Chlorate usw. zweiwertiger Metalle . . . . . 110

Seite
Ammoniak- und Alkylsulfidverbindungen von normalen Nitraten zweiwertiger Metalle . . . 123
Basische Nitrate, Chlorate usw. zweiwertiger Metalle . . . 125
Wasserhaltige normale Nitrate, Chlorate usw. drei- und vierwertiger Metalle . . . 129
Ammoniak- und Äthylendiamin-Verbindungen von normalen Nitraten drei- und vierwertiger Metalle . . . 135
Basische Nitrate drei- und mehrwertiger Metalle und deren Hydrate und Ammoniakate 140

**Doppel- (und Tripel-) Salze.**

Doppelnitrate, -chlorate usw. einwertiger Elemente und deren Verbindungen mit Halogeniden und Cyaniden . . . 142
Doppelnitrate von zwei- und einwertigen Metallen oder Atomgruppen . . . 150
Doppelnitrate von drei- und einwertigen Metallen . . . 152
Doppelnitrate von drei- und zweiwertigen Metallen . . . 155
Doppelnitrate von vier- und einwertigen Metallen . . . 159
Doppelnitrate von vier- und zweiwertigen Metallen . . . 161

## Perchlorate, Permanganate, Perrutheniate und Perjodate.

Wasserfreie überchlorsaure und übermangansaure Salze von einwertigen Metallen und Atomgruppen . . . 163
Überruthensaure und metaüberjodsaure Salze einwertiger Metalle und Atomgruppen 175
Wasserhaltige überchlorsaure, übermangansaure und metaüberjodsaure Salze einwertiger Metalle . . . 178
Saure Salze der fünfbasischen Überjodsäure mit einwertigen Metallen . . . 181
Perchlorate, Permanganate und Perjodate zweiwertiger Metalle . . . 183
Perchlorate und Perjodate dreiwertiger Metalle . . . 187

## Carbonate.

Kohlensaure Salze einwertiger Metalle und deren Hydrate . . . 189
Wasserfreie normale Carbonate zweiwertiger Metalle . . . 200
Hydrate und Ammoniakverbindungen von normalen Carbonaten mehrwertiger Metalle 210
Basische Carbonate und analoge halogenhaltige Verbindungen mehrwertiger Metalle 214
Doppelsalze der Kohlensäure und zugehörige Halogenverbindungen . . . 217

## Silicate, Titanate, Zirkonate und Thorate.

**Einfache Salze.**

Silicate, Titanate usw. einwertiger Metalle und deren Hydrate . . . 225
Metasilicate, -titanate usw. zweiwertiger Metalle nebst zugehörigen Halogenverbindungen und Hydraten . . . 229
Orthosilicate, -titanate usw. zweiwertiger Metalle nebst zugehörigen Halogenverbindungen und Hydraten . . . 243
Sonstige Silicate, Titanate usw. zweiwertiger Metalle . . . 254
Silicate, Titanate usw. dreiwertiger Metalle . . . 258

**Doppel- und Tripelsalze.**

Silicate, Titanate usw. zwei- und einwertiger Metalle und deren Hydrate und Halogenverbindungen . . . 263
Silicate, Titanate usw. drei- und einwertiger Metalle und deren Hydrate, Halogen- und Carbonatverbindungen . . . 265
Silicate, Titanate usw. drei- und zweiwertiger Metalle und deren Hydrate und Halogenverbindungen . . . 275

## Stannate, Platinate, Plumbate. Tellurate.

Seite

Oxo- und Sulfostannate, -platinate usw. und -plumbate. Silicostannate . . . . . . 286
Tellurate und deren Verbindungen mit Jodaten . . . . . . . . . . . . . . . . 291

## Osmiamate. Plumbite.

Osmiamate . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 295
Plumbite . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 296

## Sulfite, Selenite, Manganite.

Einfache schwefeligsaure Salze einwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . 296
Einfache Sulfite und Selenite zwei- und dreiwertiger Metalle . . . . . . . . . . . 299
Doppelsalze der schwefeligen Säure . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 301
Pyrosulfite und Pyroselenite. Hydrosulfite . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 304
Manganite und analoge Verbindungen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 306

## Sulfate, Chromate, Manganate, Ferrate, Selenate, Molybdate, Wolframate und Uranate.

Saure schwefelsaure und selensaure Salze einwertiger Metalle . . . . . . . . . . . 308
Wasserfreie normale Sulfate, Chromate usw. einwertiger Metalle und analoger Atomgruppen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 348
Hydrate und Ammoniakverbindungen normaler Sulfate, Chromate usw. einwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 360
Halogenderivate der Sulfate, Chromate usw. einwertiger Metalle. . . . . . . . . . 373
Verbindungen von Sulfaten, Chromaten usw. einwertiger Metalle mit Halogeniden, Nitraten, Jodaten, Permanganaten, Carbonaten und Silicaten . . . . . . . . . . 375
Saure schwefelsaure Salze zweiwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . . 380
Wasserfreie normale Sulfate, Chromate usw. zweiwertiger Metalle und Atomgruppen 380
Hydrate und Ammoniakverbindungen normaler Sulfate, Chromate usw. zweiwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 397
Basische Sulfate und Chromate zweiwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . 439
Verbindungen von Sulfaten, Chromaten usw. zweiwertiger Metalle mit Halogeniden, Jodaten, Carbonaten und Silicaten. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 443
Normale und saure Sulfate, Chromate usw. dreiwertiger Metalle, deren Hydrate und Ammoniakverbindungen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 445
Basische Sulfate dreiwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 469
Verbindungen von Sulfaten dreiwertiger Metalle mit Halogeniden und Carbonaten 470
Sulfate, Chromate usw. vierwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . . . 474
Doppelsulfate, -chromate usw. von zwei- und einwertigen Metallen und analogen Atomgruppen. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 481
Doppelsulfate, -chromate usw. von drei- und einwertigen Metallen und analogen Atomgruppen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 552
Doppelsulfate drei- und zweiwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . . . 576
Doppelsulfate vier- und einwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . . . 578
Doppelsulfate vier- und dreiwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . . . 581
Polychromate und deren Verbindungen mit Halogeniden . . . . . . . . . . . . . . 584
Polymolybdate und Polywolframate . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 598
Salze complexer Kieselmolybdän- und Kieselwolframsäuren und deren Verbindungen mit Nitraten . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 619
Thiomolybdate und -wolframate und deren Verbindungen mit Nitraten. . . . . . 661

## Polythionate und Salze der Sulfonsäuren.

Seite

Thiosulfate und deren Verbindungen mit Halogeniden . . . . . . . . . . . . . . 664
Dithionate und deren Verbindungen mit Halogeniden und Sulfaten . . . . . . . 685
Tri-, Tetra- und Pentathionate . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 715
Amido-, Imido-, Nitrilo- und Oxyazosulfonate . . . . . . . . . . . . . . . . . 718
Persulfate und Permolybdate . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 723

## Borate. Aluminate, Ferrite usw. Arsenite usw.

Borate einwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 729
Borate zweiwertiger Metalle und deren Verbindungen mit Boraten einwertiger Metalle, mit Halogeniden und Sulfaten . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 734
Borate mit drei- bzw. vierwertigen Metallen . . . . . . . . . . . . . . . . . 740
Borosilicate . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 741
Borowolframate . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 744
Aluminate, Chromite, Ferrite usw. und deren Verbindungen mit Halogeniden und Boraten . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 749
Sulfochromite, Sulfoferrite usw. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 756
Arsenite, Antimonite und deren Verbindungen mit Halogeniden . . . . . . . . . 758
Sulfarsenite, -antimonite und -bismutite . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 760

## Hypophosphite. Phosphite. Hypophosphate.

Hypophosphite . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 769
Phosphite . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 773
Hypophosphate . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 775

## Phosphate, Vanadate, Arsenate, Niobate, Antimonate und Tantalate.

Metaphosphate usw. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 786
Pyrophosphate, -vanadate usw. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 787
Wasserfreie Orthophosphate usw. einwertiger Metalle und deren Halogenverbindungen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 793
Wasserhaltige Orthophosphate usw. einwertiger Metalle und deren Halogenverbindungen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 801
Orthosulfovanadate, -arsenate usw. einwertiger Metalle . . . . . . . . . . . . 811
Wasserfreie Orthophosphate usw. zweiwertiger, sowie ein- und zweiwertiger Metalle und deren Halogenverbindungen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 815
Wasserhaltige Orthophosphate usw. zweiwertiger Metalle und Doppelsalze mit ein- und zweiwertigen Metallen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 827
Orthophosphate usw. mit drei- und mehrwertigen Metallen, deren Hydrate und Halogenverbindungen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 843
Polyvanadate, -niobate und -tantalate . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 850
Verbindungen von Phosphaten usw. mit Silicaten, Titanaten, Telluraten, Sulfaten, Molybdaten und Wolframaten . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 862

Alphabetisches Register . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 885

# Berichtigungen und Nachträge.

S. 65 Anm. 28 ergänze: Ref. Zeitschr. f. Krystall. **44**, 207.

S. 67 zu Z. 1 bis 3 v. o. ist zu bemerken, daß Vernadsky (Lehrb. d. descript. Mineralogie 1899) mitteilt, zwischen 10° und —15° finde eine Umwandlung in Tafeln mit großem Axenwinkel statt.

S. 99 u. 100 ergänze: neuerdings wurde auch die Verbindung $2NO_3Ag \cdot AgJ$ von Jaeger (Zeitschr. f. Krystall. 1908, **44**, 169) gemessen; sie krystallisiert rhombisch.

S. 217 Z. 10 v. u. ergänze: A. de Schulten (Compt. rend. 1906, **143**, 403) erhielt Mischungen von Northupit und Tychit in verschiedenen Verhältnissen.

S. 225 zu Z. 6 v. u. ist hinzuzufügen: Das **Sulfogermanat** $GeS_6Ag_8$, der Argyrodit, krystallisiert kubisch und bildet isomorphe Mischungen mit dem Sulfostannate $SnS_6Ag_8$.

S. 287 Z. 13 v. o. ergänze: In der Natur findet sich **Dicuproferrosulfostannat** $= SnS_4FeCu_2$ als Stannin (Zinnkies) in tetragonalen, pseudokubischen Krystallen ($a:c = 1:0,986$), ferner das Sulfostannat $SnS_6Ag_8$ in isomorpher Mischung mit $GeS_6Ag_8$ als Canfieldit in kubischen Krystallen.

S. 296 Z. 7 v. o. ergänze: Eine ähnlich zusammengesetzte Sulfoverbindung ist das unvollkommen krystallisierte rhombische Mineral Teallit $= SnS_2Pb$.

S. 375 Z. 8 v. u. l. »Zusammensetzung nach Gorgeu (Ann. chim. phys. 1860, (3) **61**, 355) wahrscheinlich $MnO_4K_2 \cdot MnO_4K$ ist.

S. 446 Z. 17 v. o. ergänze: Das entsprechende Selenat $(SeO_4)_3Ce_2 \cdot 4H_2O$ erhielt Cingolani in der nach Rosati rhombischen Combination (110), (010), (001); $a:b = 0,6834:1$ (Bull. soc. chim Par. 1908, **21**, 536 f.).

S. 622 Anm. 5) ergänze: Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **45**, 278.

S. 815 zu Z. 19 v. o. ist zu bemerken, daß inzwischen gemessen wurde: **Tetrahydrogencalciumdiorthophosphat** (Monocalciumphosphat) $= (PO_4)_2CaH_4$, triklin, $a:b:c = 1,9250:1:0,7332$, $\alpha = 86°34'$, $\beta = 91°8'$, $\gamma = 96°17'$; beobachtete Formen: $\{100\}$, $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{011\}$, $\{101\}$, $\{10\bar{1}\}$ (dargest. v. Bassett, gem. v. H. Smith, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1908, **59**, 38).

S. 845 Z. 20 v. o. ist zu ergänzen: $(PO_4)_3Ti_2Na$ bildet nach Ouvrard (Compt. rend. 1890, **111**, 178) Rhomboëder von 88° 38′, und damit isomorph sind $(PO_4)_3Ti_2K$ und $(PO_4)_3Sn_2Na$.

# Cyanate und Thiocyanate.

## Einfache Salze.

### Monocyanate und -thiocyanate.

Die cyansauren Salze pflegt man bekanntlich von der Isocyansäure, d. i. dem Carbimid: $O{=}C{=}NH$, abzuleiten, während für die den rhodanwasserstoffsauren Salzen zugrunde liegende Säure die Constitution: $N{\equiv}C{-}SH$ angenommen wird, analog der normalen Cyansäure $N{\equiv}C{-}OH$ und der unterchlorigen Säure $Cl{-}OH$, von welcher bisher kein Salz in bestimmbaren Krystallen erhalten worden ist. Dieser Anschauung entsprechend ist die Krystallform des einzigen krystallographisch untersuchten cyansauren Salzes, des tetragonal krystallisierenden **Kaliumcyanat** = $OCNK$, verschieden von derjenigen des Kaliumrhodanates; dagegen zeigt sie eine große Ähnlichkeit im Axenverhältnisse mit dem Thalliumrhodanat, dessen Krystalle jedoch einen anderen Habitus besitzen und ohne den Nachweis der Übereinstimmung mit dem Thalliumcyanate und der Isomorphie dieses mit dem Kaliumsalze nicht als isomorph mit dem letzteren betrachtet werden dürfen. **Kaliumthiocyanat** = $NCSK$ krystallisiert aus Methylalkohol rhombisch, wandelt sich aber bei 146° in eine andere, ebenfalls doppeltbrechende Modification um, die man aus dem Schmelzflusse zuerst erhält und welche bei derselben Temperatur die umgekehrte Umwandlung zeigt. **Ammoniumthiocyanat** = $NCSNH_4$ krystallisiert aus Methylalkohol monoklin und wandelt sich bei 92° in eine andere Modification um; diese, ebenfalls doppeltbrechend, entsteht aus dem Schmelzflusse zuerst und wandelt sich beim Abkühlen auf 92° in die erste um. Goßner[1]), welcher beide Salze untersuchte, stellte auch Mischungen derselben dar: aus Lösungen, welche gleiche Gewichtsteile beider oder nur einen mäßigen Überschuß an Ammoniumsalz enthielten, schieden sich zuerst rhombische Krystalle vom Habitus des Kaliumsalzes ab, welche nach ihrem spec. Gewichte einen bis zu einer beträchtlichen Menge steigenden Gehalt an Ammoniumrhodanat enthielten, dann monokline Krystalle von der Form des letzteren mit einer Beimischung des Kaliumsalzes, aber in bedeutend engeren Grenzen; zuweilen bildeten sich dazwischen auch beiderlei Krystalle neben einander. Eine Lösung (ebenfalls in Methylalkohol) mit bedeutendem Überschusse an Ammoniumsalz liefert nur monokline Krystalle, deren Gehalt an Kalium

1) Goßner, Zeitschr. f. Krystall. 1904, 38, 135.

nicht merklich mehr betrug, als im vorigen Falle. Hiernach besitzt das Kaliumsulfocyanat drei Modificationen: $\alpha$) eine monokline, welche nur in isomorpher Mischung mit dem Ammoniumsalze existenzfähig zu sein scheint; $\beta$) eine von gewöhnlicher Temperatur bis 146° stabile rhombische und $\gamma$) eine über 146° stabile Modification, deren Form unbekannt ist. Andererseits ist beim Ammoniumsalze die monokline Form stabil bis 92°; bei dieser Temperatur geht sie in die rhombische $\beta$-Modification über, welche bei gewöhnlicher Temperatur, als metastabil, nur in isomorpher Mischung mit Kaliumrhodanat krystallisiert; die dem letzteren zukommende dritte Modification wurde nicht beobachtet. **Thallothiocyanat** = $NCSTl$ krystallisiert, wie a. vor. S. erwähnt, tetragonal und ist daher nicht mit dem Kalium- bzw. Ammoniumsalze isomorph.

### Kaliumcyanat (Kaliumisocyanat, Carbimidkalium) = *OCNK*.

Spec. Gew. 2,056 Schröder[2]).

Tetragonal. $a:c = 1:0,5766$ Brugnatelli[3]).

Nach Otto[3]) werden bei der Darstellung des Salzes im großen aus wässeriger Lösung nicht selten wohlausgebildete Krystalle erhalten, welche nach Brugnatelli die Combination: $c\{001\}$, $o\{111\}$, nach ersterem tafelförmig, zeigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:'o = (111):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | — | *78° 22′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 53° 4′ | 53 8 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Doppelbrechung negativ, sehr stark.

### Kaliumthiocyanat (Rhodankalium) = *NCSK*.

Spec. Gew. 1,898 Goßner[1]), 1,891 Schröder, 1,866—1,903 Boedeker.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 1,779:1:1,819$ Goßner[1]).

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $x\{212\}$. Die von Goßner aus Methylalkohol erhaltenen Krystalle zeigten zweierlei Ausbildung; sie waren zum Teil prismatisch nach der $c$-Axe, mit vorherrschendem $a$ und $b$ und untergeordnetem $o$; seltener mit $x$ (Fig. 390); die zweite Ausbildungsweise zeigt meist nur die Bipyramide $o$, selten in Combination mit kleinen Flächen von $a$ und $b$ (Fig. 391). Die Krystalle sind zerfließlich; doch ließen sich unter Anwendung des Apparates von Liebisch recht gute Messungen erhalten.

Fig. 390.

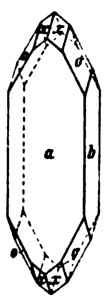
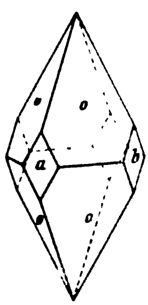



Fig. 391.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:o = (100):(111) =$ | — | *63° 47′ |
| $b:o = (010):(111) =$ | — | *38 10 |
| $a:x = (100):(212) =$ | 52° 54′ | 53 14 |
| $b:x = (010):(212) =$ | 57 33 | 57 23 |

2) Schröder, Ber. d. d. chem. Ges. 1879, **12**, 563.

3) Otto (Mess. v. Brugnatelli), Ber. d. d. chem. Ges. 1894, **27**, 837. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **26**, 628.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung negativ, schwach. Ebene der optischen Axen (100); $b$ erste Mittellinie. $2V = 86^\circ 30'$ (geschätzt). Dispersion der Axen sehr stark, $v > \varrho$.

### Ammoniumthiocyanat (Rhodanammonium) = $NCSNH_4$.

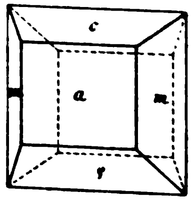
Spec. Gew. 1,305 Goßner[1], 1,316 Schröder, 1,299—1,316 Dudley.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 2{,}035:1:2{,}367;\quad \beta = 117^\circ 2' \text{ Goßner}^{1)}.$$

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ (Fig. 392). Die aus Methylalkohol erhaltenen Krystalle sind meist rectanguläre Tafeln mit vorherrschendem $a$, oft auch dicke Prismen; sehr selten ist $\varrho$ vorherrschend. Sie sind sehr zerfließlich und mußten unter Feuchtigkeitsausschluß im Liebischschen Apparate gemessen werden, wobei jedoch ziemlich brauchbare Resultate erhalten wurden.

Fig. 392.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *61° 7' |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *62 58 |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) =$ | — | *51 30 |
| $c:m = (001):(110) =$ | 77° 19' | 77 12 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 72 30 | 72 16 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark; Ebene der optischen Axen $\{010\}$, geneigte Dispersion und Dispersion der Axen stark; $v > \varrho$; durch $\{10\bar{1}\}$ beide Axen sichtbar. Die erste Mittellinie bildet mit der Normalen auf $\{10\bar{1}\}$ einen scheinbaren Winkel von ca. 18° gegen die $c$-Axe hin. $2V = 21^\circ$ (geschätzt).

### Thallothiocyanat = $NCSTl$.

Tetragonal. $a:c = 1:0{,}5593$ Miller[4].

Die von Crookes dargestellten Krystalle zeigten nach Miller entweder die Combination: $a\{100\}$, $o\{111\}$, oder: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$. Zwillinge nach $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:'o = (111):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 76° 40' | — |
| $o:\ o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *52° 2' |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Dithiocyanate.

Von wasserfreien schwefelcyanwasserstoffsauren Salzen zweiwerthiger Metalle ist nur ein einziges krystallographisch bekannt, das monokline **Bleithiocyanat** = $(NCS)_2Pb$. Außerdem existiert aber noch eine Angabe über eine intermediäre Verbindung, in welcher die eine der beiden Rhodangruppen durch Chlor ersetzt ist: **Mercurichlorothiocyanat** = $(NCS)ClHg$.

Unter den wasserhaltigen Verbindungen wurde ebenfalls nur eine gemessen: **Kobaltthiocyanat-Trihydrat** = $(NCS)_2Co.3H_2O$, welches rhombisch krystallisiert. Endlich ist noch eine unvollständige Beschreibung eines

4) Miller, Proc. R. Soc. Lond. 1866, **14**, 555; Phil. Magaz. 1866, (4) **31**, 158.

Ammoniakates vorhanden, nämlich von **Monammin-Cadmiumthiocyanat** $= (NCS)_2Cd.NH_3$.

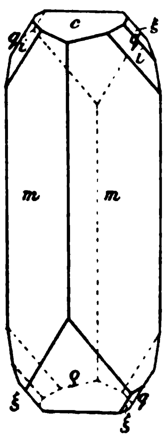
### Bleithiocyanat (Rhodanblei) $= (NCS)_2Pb$.

Spec. Gew. 3,82 Schabus[1]).
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}6310 : 1 : 1{,}6288; \quad \beta = 115^\circ 6\frac{1}{3}'$ Kretzer.

Schabus[1]) untersuchte wasserhelle große Krystalle, welche aus der nach Liebigs Methode dargestellten Lösung bei sehr langsamer Verdunstung entstanden waren, und beobachtete die Formen: $m\{110\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $i\{121\}$, $\xi\{12\bar{3}\}$, denen er jedoch andere, z. T. weniger einfache Symbole beilegte. Kretzer (unveröffentl. Beob. im Lab. d. Verf.) erhielt bei sehr langsamer Abkühlung der heißen Lösung die mehr prismatisch entwickelte Combination Fig. 393: $m\{110\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $i\{121\}$, $\xi\{12\bar{3}\}$, $q\{011\}$; die beiden letzten Formen nicht immer vorhanden.

Fig. 393.




| | Berechnet: | Beobachtet: Kretzer: | Schabus: |
|---|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | $*59^\circ 29'$ | $59^\circ 22'$ |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *68 23 | 68 29 |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | — | *92 20 | 92 15 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | $36^\circ 48\frac{3}{4}'$ | 36 48 | 36 46 |
| $i : i = (121) : (1\bar{2}1) =$ | 86 $26\frac{1}{4}$ | 86 26 | — |
| $i : c = (121) : (001) =$ | 60 54 | 60 54 | 60 57 |
| $i : m = (121) : (110) =$ | 18 59 | 19 0 | 19 2 |
| $q : c = (011) : (001) =$ | 55 52 | 55 53 | — |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 51 $53\frac{1}{4}$ | 52 1 | — |
| $\xi : \xi = (12\bar{3}) : (1\bar{2}\bar{3}) =$ | 88 $46\frac{1}{4}$ | — | — |
| $\xi' : c = (\bar{1}23) : (001) =$ | 63 9 | 63 2 | 63 5 |
| $\xi' : i = (\bar{1}23) : (121) =$ | 66 $32\frac{3}{4}$ | 66 43 | 66 39 |
| $\xi : m = (12\bar{3}) : (110) =$ | 51 58 | 51 46 | 51 56 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich, nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung außerordentlich stark; Axenebene $\perp b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet mit der Verticalaxe circa $100^\circ$ im stumpfen Winkel $\beta$. $2E$ ca. $80^\circ$ für Rot, ca. $70^\circ$ für Blau (geschätzt nach den Axenbildern gesehen durch die $m$-Flächen).

### Mercurichlorothiocyanat $= (NCS)ClHg$.

Monoklin (wahrscheinlich).

$a : b = 2{,}076 : 1; \quad \beta = 137^\circ 43'$ Miers[2]).

Die von Mc Murtry[2]) dargestellten Krystalle sind nadelförmig nach $m\{110\}$ und zeigen nur $c\{001\}$ als Endflächen.

$m : m' = (110) : (\bar{1}10) = 71^\circ 10'$, $\quad m : c = (110) : (001) = 64^\circ 30'$ beob.

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

Ebene der opt. Axen $b\{010\}$; eine Axe nahe senkrecht zu $c\{001\}$.

---

1) Schabus, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1850, 4, 108.

2) Mc Murtry (Mess. v. Miers), Journ. Chem. Soc. Lond. 1889, 55, 51. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 20, 516.

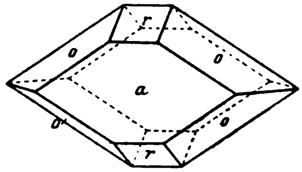
### Kobaltdithiocyanat-Trihydrat = $(NCS)_2Co.3H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 1{,}2302:1:0{,}5824$ Sachs[3]).

Dargestellt von Rosenheim und Cohn[4]). Die dunkelvioletten, sehr hygroskopischen Krystalle zeigen die Combination (Fig. 394): $a\{100\}$, $o\{111\}$, $r\{101\}$ (oft fehlend); in der Zone [111.100] wurde noch eine nicht meßbare Bipyramide beobachtet.

Fig. 394.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:r = (100):(101) =$ | — | *64° 40′ |
| $a:o = (100):(111) =$ | — | *67 45 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 55° 30′ | 55 24 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 106 14 | 106 25 |

Spaltbarkeit nicht wahrnehmbar.

Ebene der optischen Axen wahrscheinlich $c\{001\}$.

### Monammin-Cadmiumthiocyanat = $(NCS)_2Cd.NH_3$.

Die von Großmann[5]) dargestellte Verbindung bildet nach Dudenhausen[5]) monokline Prismen $m\{110\}$ mit $c\{001\}$, $a\{100\}$ und $b\{010\}$.

$m:m = (110):(1\bar{1}0) = 76°$, $m:c = (110):(001) = 72\frac{1}{4}°$ beob.

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $a\{100\}$ weniger vollkommen. Ebene der opt. Axen $b\{010\}$; eine Axe nahe senkrecht zu $c\{001\}$.

## Trithiocyanate.

Die einzige krystallographisch untersuchte wasserfreie Rhodanverbindung eines dreiwertigen Metalles ist das **Wismutthiocyanat** = $(NCS)_3Bi$, welches rhombisch krystallisiert.

Außerdem sind nur Diäthylendiamminverbindungen der Rhodanide dreiwertiger Metalle gemessen worden, und zwar nicht nur Salze der normalen Rhodanwasserstoffsäure $N{\equiv}C{-}SH$, sondern auch solche der Isosäure $S{=}C{=}NH$ und gemischte Salze beider Säuren. Wasserfrei krystallisiert monoklin **Diäthylendiamin-1-2-Diisorhodanato-Kobaltrhodanid** (Flavoverbindung) = $(SCN)_2(NCS)Co.2(NH_2)_2C_2H_4$, triklin **Diäthylendiamin-1-6-Diisorhodanato-Chromchlorid** = $(SCN)_2ClCr.2(NH_2)_2C_2H_4$; die topischen Parameter beider sind nahe gleichgroß. Die Praseoverbindung **Diäthylendiamin-1-6-Dirhodanato-Kobaltchlorid-Monohydrat** = $(NCS)_2ClCo.2(NH_2)_2C_2H_4.H_2O$ krystallisiert monoklin, und in dem gleichen Systeme auch **Diäthylendiamin-1-2-Diisorhodanato-Kobaltchlorid-Monohydrat** = $(SCN)_2ClCo.2(NH_2)_2C_2H_4.H_2O$; die Ähnlichkeit des Winkels $\beta$ der beiden letzten, in doppeltem Sinne isomeren Körper kann bei der sonst völlig verschiedenen Krystallform derselben nur als zufällig betrachtet werden. Auch die beiden Rhodansalze von Chrom und Kobalt zeigen außer den angegebenen keine krystallographischen Beziehungen.

---

3) Sachs, Zeitschr. f. Krystall. 1901, **34**, 165.

4) Rosenheim und Cohn, Zeitschr. f. anorg. Chem. 1901, **27**, 288.

5) Großmann (Mess. v. Dudenhausen), Ber. d. d. chem. Ges. 1902, **35**, 2666.

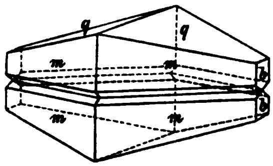
### Wismutthiocyanat = $(NCS)_3Bi$.

Rhombisch pyramidal.

$a:b:c = 0{,}7613:1:0{,}2842$ Muthmann[1]).

Die von Bender[2]) aus Rhodanwasserstoffsäure erhaltenen Krystalle sind nach Muthmann Combinationen von $q\{011\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$ und stets Zwillinge nach $\{001\}$, an deren Grenzen schmale, nicht meßbare Pyramidenflächen auftreten (Fig. 395).

Fig. 395.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *74° 34′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *31 44 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 80° 28′ | 80 38 |

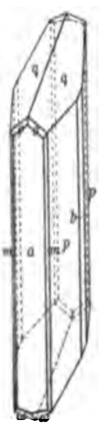
Farbe hellorange; trübe.

### Diäthylendiamin-1-2-Diisorhodanato-Kobaltrhodanid = $(SCN)_2(NCS)Co.2(NH_2)_2C_2H_4$.

Spec. Gew. 1,704 Jaeger[3]).

Monoklin prismatisch.

Fig. 396.



$a:b:c = 1{,}1324:1:0{,}8067$; $\beta = 123°19'$ Jaeger[3]).

(Topische Parameter: $\chi:\psi:\omega = 7{,}332:6{,}474:5{,}223$.)

Dargestellt von Werner und Bräunlich[4]). Durch Umkrystallisieren aus Wasser mit etwas Essigsäure erhielt Jaeger dünne, dunkel karmoisinrote, undurchsichtige Krystalle (Fig. 396): $a\{100\}$, $p\{140\}$, $b\{010\}$, $m\{120\}$, $q\{011\}$, $o\{144\}$, $\omega\{41\bar{2}\}$ und sehr schmal $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (120):(100) =$ | — | *62° 9′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *33 59 |
| $q:a = (011):(100) =$ | — | *62 56 |
| $p:b = (140):(010) =$ | 14° 48′ | 14 55 |
| $q:p = (011):(\bar{1}40) =$ | 64 54½ | 65 0 |
| $o:a = (144):(100) =$ | 24 44 | 24 28 |
| $q:\omega' = (011):(\bar{4}12) =$ | 66 27 | 66 33½ |
| $\omega:b = (41\bar{2}):(010) =$ | 61 1 | 61 5½ |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

### Diäthylendiamin-1-6-Diisorhodanato-Chromchlorid = $(SCN)_2ClCr.2(NH_2)_2C_2H_4$.

Spec. Gew. 1,445 Jaeger[3]).

Triklin (asymmetrisch).

$a:b:c = 1{,}6160:1:1{,}0077$ Jaeger[3]).

(Topische Parameter: $\chi:\psi:\omega = 8{,}410:5{,}204:5{,}244$.)

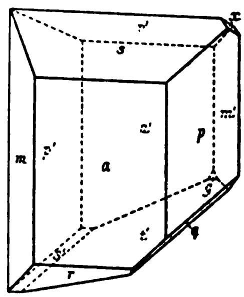
$\alpha = 91°27\frac{1}{2}'$, $\beta = 94°24\frac{2}{3}'$, $\gamma = 101°42\frac{1}{2}'$.

---

1) Muthmann, Zeitschr. f. Krystall. 1889, **15**, 387.
2) Bender, Ber. d. d. chem. Ges. 1887, **20**, 725.
3) Jaeger, Zeitschr. f. Krystall. 1904, **39**, 560.
4) Werner und Bräunlich, Zeitschr. f. anorg. Chem. 1900, **22**, 129.

Die von Werner[5]) erhaltenen zinnoberroten Krystalle wurden von Jaeger (l. c. 570) beschrieben. Dieselben zeigen die Combination (Fig. 397): $a\{100\}$, $a'\{\bar{1}00\}$, $p\{110\}$, $p'\{\bar{1}\bar{1}0\}$, $m\{1\bar{1}0\}$, $m'\{\bar{1}10\}$, $s\{101\}$, $s'\{\bar{1}0\bar{1}\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $r'\{\bar{1}01\}$, $t'\{\bar{1}1\bar{2}\}$, $q\{01\bar{1}\}$, untergeordnet: $g\{\bar{2}1\bar{1}\}$, $x\{\bar{1}22\}$ und zuweilen $l\{2\bar{1}\bar{1}\}$.

Fig. 397.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m = (100):(1\bar{1}0) =$ | — | *67° 0' |
| $a:p = (100):(110) =$ | — | *49 49 |
| $a:r = (100):(10\bar{1}) =$ | — | *60 59 |
| $a:s = (100):(101) =$ | — | *54 8 |
| $r:p = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *72 47 |
| $r:m = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 77° 52½' | 77 56 |
| $s:p = (101):(110) =$ | 66 48½ | 66 55 |
| $s:m = (101):(1\bar{1}0) =$ | 77 53 | 77 58 |
| $t':a' = (\bar{1}1\bar{2}):(\bar{1}00) =$ | 74 58 | 74 51½ |
| $t':q = (\bar{1}1\bar{2}):(01\bar{1}) =$ | 27 46 | 27 43½ |
| $s':t' = (\bar{1}0\bar{1}):(\bar{1}1\bar{2}) =$ | 31 53 | 31 45 |
| $q:p = (01\bar{1}):(110) =$ | 53 43⅓ | 53 32½ |
| $q:a = (01\bar{1}):(100) =$ | 84 48 | 84 49 |
| $q:g = (01\bar{1}):(\bar{2}1\bar{1}) =$ | 44 34½ | 44 35½ |
| $x:p = (\bar{1}22):(110) =$ | 45 20⅓ | 46 1 (circa) |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Diäthylendiamin-1-6-Dirhodanato-Kobaltchlorid-Monohydrat (Praseoverb.) $= (NCS)_2ClCo.2(NH_2)_2C_2H_4.H_2O$.

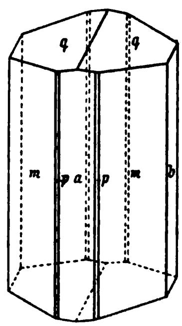
Spec. Gew. 1,625 Jaeger[3]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,4567:1:0,1144$; $\beta = 117°5\frac{2}{3}'$ Jaeger[3]).

Dargestellt von Werner und Bräunlich[4]). Nach Jaeger (l. c. 559) dunkelrote, undurchsichtige Nadeln mit den Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $p\{530\}$, am Ende $q\{011\}$ (Jaeger gibt dieser Form das Symbol $\{014\}$) (s. Fig. 398).

Fig. 398.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *62° 45' |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *11 48 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *44 15 |
| $p:p = (530):(5\bar{3}0) =$ | 27° 25' | 27 2 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

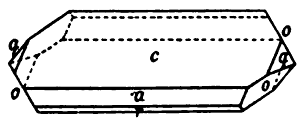
## Diäthylendiamin-1-2-Diisorhodanato-Kobaltchlorid-Monohydrat = $(SCN)_2ClCo.2(NH_2)_2C_2H_4.H_2O$.

Spec. Gew. 1,511 Jaeger[3]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,7279:1:2,0555$; $\beta = 117°24'$ Jaeger[3]).

Fig. 399.




Die ebenfalls von Werner und Bräunlich dargestellten dunkelroten Krystalle bilden nach Jaeger (l. c. 560) die Combination: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$ (Fig. 399).

5) Eine chemische Publication scheint nicht vorzuliegen, dagegen hat Pfeiffer (Zeitschr. f. anorg. Chem. 1902, **29**, 117. S. auch Ber. d. d. chem. Ges. 1904, **37**, 4255) Diäthylendiammin-Dirhodanato-Chromchlorid-Monohydrat $= (NCS)_2ClCr.2(NH_2)C_2H_4.H_2O$ in orangeroten Krystallen beschrieben. Sollten diese die gemessenen gewesen sein?

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:a = (001):(100) =$ | — | *62° 36½′ |
| $c:o' = (001):(\bar{1}11) =$ | — | *77 53 |
| $c:r' = (001):(\bar{1}01) =$ | — | *66 48 |
| $a:r = (100):(10\bar{1}) =$ | 50° 35½′ | 50 46 |
| $o:r = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 57 48 | 57 10 (circa) |
| $o:o' = (11\bar{1}):(\bar{1}11) =$ | 64 24 | 64 34½ |
| $c:q = (001):(011) =$ | 61 18 | 62 0 (circa) |
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 70 14 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Doppel- und Tripelthiocyanate.

### Salze zwei- und einwertiger Metalle.

Die krystallographische Kenntnis der hierher gehörigen Rhodanide beschränkt sich im wesentlichen auf diejenige der folgenden, von Blake[1]) studierten isomorphen Gruppe:

**Cäsiumcuprostrontiumthiocyanat** $= (NCS)_7SrCu_2Cs_3$,
**Cäsiumsilberstrontiumthiocyanat** $= (NCS)_7SrAg_2Cs_3$,
**Cäsiumcuprobaryumthiocyanat** $= (NCS)_7BaCu_2Cs_3$,
**Cäsiumsilberbaryumthiocyanat** $= (NCS)_7BaAg_2Cs_3$.

Diesen tetragonal (bisphenoïdisch) krystallisierenden Salzen kommen die folgenden Werte der Äquivalentvolumina und der topischen Parameter zu:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $(NCS)_7SrCu_2Cs_3$: | $V = 329{,}3$ | $\chi = 5{,}028$ | $\omega = 6{,}512$ |
| $(NCS)_7SrAg_2Cs_3$ | 334,6 | 5,054 | 6,550 |
| $(NCS)_7BaCu_2Cs_3$ | 341,4 | 5,085 | 6,603 |
| $(NCS)_7BaAg_2Cs_3$ | 344,6 | 5,123 | 6,566 |

Wie man sieht, steigen die Werte für $\chi$ regelmäßig, d. h. die Ersetzung von *Cu* durch *Ag* bringt in dem Baryumsalze ungefähr die gleiche Änderung hervor, wie im Strontiumsalze, und ebenso verhält es sich mit der Ersetzung von *Sr* durch *Ba* in den Salzen mit Kupfer bzw. Silber, während $\omega$ eine solche Regelmäßigkeit nicht erkennen läßt. Die optischen Verhältnisse der drei Salze, welche genauere Messungen gestatteten, zeigen die merkwürdige Erscheinung, daß die Werte der Brechungsindices und die Stärke der Doppelbrechung mit steigendem Molekulargewichte der Verbindung in regelmäßiger Weise abnehmen.

Außerdem existiert eine approximative Bestimmung der monoklinen Krystalle von **Ammoniumcadmiumthiocyanat-Dihydrat** $= (NCS)_4Cd(NH_4)_2 \cdot 2H_2O$. Zum Teil nach dem gleichen Typus, z. T. nach der Formel eines normalen Thiocyanosalzes zusammengesetzt sind auch einige Verbindungen mit höherem Krystallwassergehalte, welche Rosenheim und Cohn[2]) dar-

1) Blake, Amer. Journ. Sc. 1903, (4) **16**, 12. Zeitschr. f. Krystall. 1904, **38**, 103.
2) Rosenheim und Cohn, Zeitschr. f. anorg. Chem. 1901, **27**, 289 f.

stellten, deren Präparate Steinmetz (Privatmitt.) mikroskopisch-optisch untersuchte: $(NCS)_4CoK_2.4H_2O$ und $(NCS)_4Co(NH_4)_2.4H_2O$ dunkelblaue Prismen mit paralleler Auslöschung und deutlichem Pleochroïsmus (dunkelblau — sehr dunkelblau mit einem Stich ins Violet); $(NCS)_4CoNa_2.8H_2O$ ebenso (dunkel- und hellblau); $(NCS)_4NiNa_2.8H_2O$ Krystallfragmente mit lebhaftem Dichroïsmus (grün—blaugrün); $(NCS)_6NiK_4.4H_2O$ kurzprismatische Krystalle mit paralleler Auslöschung, dunkelgrün für die der Prismenkante parallelen, hellgrün für die dazu senkrechten Schwingungen. Eine Vergleichung dieser Körper mit den entsprechenden Cyanosalzen ist, abgesehen von der Unvollständigkeit vorstehender Angaben, auch deshalb nicht möglich, weil die analog zusammengesetzten Doppelsalze nicht existieren, so namentlich kein dem Kaliumnickelsalz entsprechendes normales Doppelcyanid.

### Cäsiumcuprostrontiumthiocyanat = $(NCS)_7SrCu_2Cs_3$.

Spec. Gew. 2,882 Blake[1]).

Ditetragonal bisphenoïdisch. $a:c = 1:0,9158$ Blake[1]).

Dargestellt von Wells und Merriam[3]). Die aus wässeriger Lösung erhaltenen Krystalle sind Combinationen von $m\{110\}$, $q\{201\}$, $p\{111\}$ und $c\{001\}$, die beiden letzteren meist größer entwickelt, als in Fig. 401 (S. 10).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q' = (201):(\bar{2}01) =$ | — | *122° 44′ |
| $q:q = (201):(021) =$ | 76° 43½′ | 76 41 |
| $p:c = (111):(001) =$ | 52 20 | 52 18 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Brechungsindices für *Na*-Gelb: $\omega = 1,8535$, $\varepsilon = 1,6982$.

### Cäsiumsilberstrontiumthiocyanat = $(NCS)_7SrAg_2Cs_3$.

Spec. Gew. 2,969 Blake[1]).

Ditetragonal bisphenoïdisch. $a:c = 1:0,9165$ Blake[1]).

Darstellung = vor. Combination: $m\{110\}$, $q\{201\}$ (Fig. 400, S. 10), selten noch $p\{111\}$. Nur approximativ meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q' = (201):(\bar{2}01) =$ | — | *122° 46′ |
| $q:q = (201):(021) =$ | 76° 44′ | 76 35 |
| $p:c = (111):(001) =$ | 52 21 | 52 29 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

### Cäsiumcuprobaryumthiocyanat = $(NCS)_7BaCu_2Cs_3$.

Spec. Gew. 2,924 Blake[1]).

Ditetragonal bisphenoïdisch. $a:c = 1:0,9183$ Blake[1]).

Dargestellt von Wells[3]) (l. c. 273). Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $q\{201\}$, $p\{111\}$, $c\{001\}$, sehr selten $a\{100\}$. Combinationen: Fig. 400, 401 und 402 (S. 10).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q' = (201):(\bar{2}01) =$ | — | *122° 52′ |
| $q:q = (201):(021) =$ | 76° 47′ | 76 44 |
| $p:c = (111):(001) =$ | 52 24 | 52 23 |

3) Wells (und Mitarbeiter), Amer. Chem. Journ. 1902, 28, 274.

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.
Brechungsindices für *Na*-Gelb: $\omega = 1{,}8013$, $\varepsilon = 1{,}6882$.

Fig. 400.

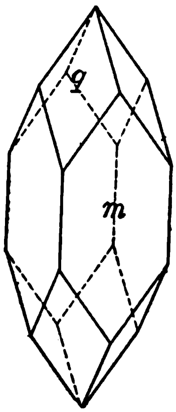



Fig. 401.

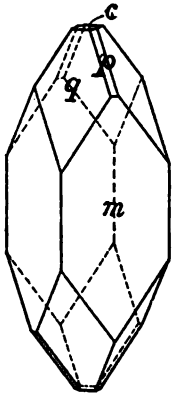
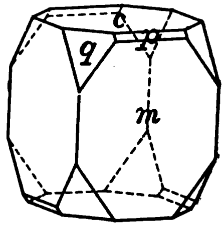


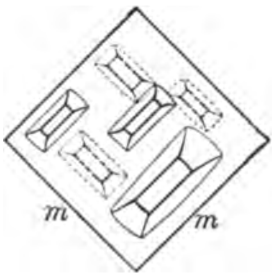

Fig. 402.




**Cäsiumsilberbaryumthiocyanat = $(NCS)_7BaAg_2Cs_3$.**

Spec. Gew. 3,026 Blake[1]).
Ditetragonal bisphenoïdisch. $a : c = 1 : 0{,}9063$ Blake[1]).

Fig. 403.




Die von Blake untersuchten großen wasserhellen Krystalle waren von Hupfel und Wells[3]) (l. c. 272) aus wenig heißem Wasser erhalten worden; sie zeigten die einfache Combination Fig. 400, manchmal noch klein $c\{001\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $q : q' = (201) : (\bar{2}01)$ | = | — | *122° 14′ |
| $q : q = (201) : (021)$ | = | 76° 30′ | 76 30 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen. Ätzfiguren, mit verdünntem Ammoniak erhalten, auf den Spaltungsflächen s. Fig. 403 (die der Unterseite der Platte punktiert).

Brechungsindices für *Na*-Gelb: $\omega = 1{,}7761$, $\varepsilon = 1{,}6788$.

**Ammoniumcadmiumthiocyanat-Dihydrat = $(NCS)_4Cd(NH_4)_2 \cdot 2H_2O$.**

Dargestellt von Großmann[4]). Nach Beykirch[4]) monokline Combinationen von $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{h0l\}$. Nur angenähert meßbar.

$r : a = (h0l) : (100) = 60°\ 2'$ beob.
$a : c = (100) : (001) = 81\ \ 4$ »
$m : c = (110) : (001) = 77\ \ 22\frac{1}{2}$ »

Durch $c\{001\}$ am Rande des Gesichtsfeldes ein Axenbild sichtbar.

## Salze zwei- und zweiwertiger Metalle.

**Kobaltomercurithiocyanat** = $(NCS)_4HgCo$ krystallisiert nach Behrens[1]) beim Zusatze eines Überschusses von Ammoniummercurithiocyanat zu einer

4) Großmann (Mess. v. Beykirch), Ber. d. d. chem. Ges. 1902, 35, 2667.

1) Behrens, Mikrochem. Analyse. Hamb. u. Leipz. 1895, 49 (s. auch 53, 55 u. 77).

Kobaltlösung in blauen rhombischen Prismen, mit welchen die ebenso dargestellten und ähnlich ausgebildeten Krystalle der analogen Salze $(NCS)_4HgZn$ und $(NCS)_4HgCd$ wahrscheinlich isomorph sind, da bei gleichzeitiger Anwesenheit von *Co* neben *Zn* und *Cd* in der Lösung blaßblaue Mischkrystalle entstehen; das Cuprisalz $(NCS)_4HgCu$ krystallisiert für sich mit $1 H_2O$, in isomorpher Mischung mit dem Zink- und Cadmiumsalze scheint aber, wenn diese stark überwiegen, auch die wasserfreie Kupferverbindung existenzfähig zu sein. Gemessen ist keines dieser Salze, sondern nur eine im Verhältnisse 1:2 zusammengesetzte Verbindung von Calciumrhodanat mit Quecksilbercyanid, das monoklin krystallisierende **Calciumthiocyanat-Mercuricyanat-Oktohydrat** = $(NCS)_2Ca.2(NC)_2Hg.8H_2O$.

### Calciumthiocyanat-Mercuricyanid-Oktohydrat = $(NCS)_2Ca.2(NC)_2Hg.8H_2O$.

Spec. Gew. 2,61 Topsøe[2]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 2{,}3499:1:3{,}2119;\quad \beta = 103^\circ 28' \text{ Topsøe}^{2)}.$$

Dargestellt von Cleve. Dünne sechsseitige, leicht verwitternde Tafeln nach $c\{001\}$, begrenzt von $a\{100\}$ und $m\{110\}$, zuweilen noch untergeordnet $r\{10\bar{1}\}$, selten $s\{20\bar{1}\}$ und einmal mit kleinen und unvollkommenen Flächen beobachtet $x\{52\bar{3}\}$. Häufig Zwillingsbildung nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *76° 32′ |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *66 22 |
| $r':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *62 51 |
| $s':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 82° 13½′ | 81 40 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 84 39 | 84 38 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 72 17 | 72 23 |
| $s:m = (20\bar{1}):(110) =$ | 68 3½ | — |
| $x:m = (52\bar{3}):(110) =$ | 34 15½ | 34 20 circa |

Spaltbar nach $c\{001\}$ sehr vollkommen.

## Salze drei- und einwertiger Metalle.

Bisher sind nur die folgenden, in dem Verhältnisse 1:3 zusammengesetzten Doppelsalze krystallographisch untersucht worden: **Kaliumchromithiocyanat-Tetrahydrat** = $(NCS)_6CrK_3.4H_2O$, von dessen rhombischen Krystallen nur einige approximative Messungen vorliegen, und das von Rosenheim und Cohn[1]) dargestellte **Kaliumferrithiocyanat-Dodekahydrat** = $(NCS)_6FeK_3.12H_2O$, welches wahrscheinlich monoklin krystallisiert. Dieselben (l. c. 294) erhielten auch ein analog zusammengesetztes Natriumchromsalz $(NCS)_6CrNa_3.12H_2O$, welches nach Steinmetz[2]) rosarote, unvollkommen

2) Topsøe, Bihang t. K. Sv. Akad. Handl. Stockholm 1874, 2, No. 5, 19.

1) Rosenheim und Cohn, Zeitschr. f. anorg. Chem. 1901, 27, 297.

2) Steinmetz, Privatmitteilung.

begrenzte, lebhaft doppeltbrechende Täfelchen bildet, deren Schwingungsrichtungen den Begrenzungsflächen nicht parallel zu sein scheinen.

### Kaliumchromithiocyanat-Tetrahydrat = $(NCS)_6CrK_3 . 4H_2O$.

Spec. Gew. 1,705 Clarke.

Rhombisch bipyramidal (pseudohexagonal).

$a : b : c = 0,5773 : 1 : 0,3765$ Rammelsberg[3]).

Combination: $o\{111\}$, $m\{110\}$, $q\{021\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$.

$m : m = (110) : (1\bar{1}0) = 60^\circ 0'$ beob.
$o : m = (111) : (110) = 53\ 0$ »

### Kaliumferrithiocyanat-Dodekahydrat = $(NCS)_6FeK_3 . 12H_2O$.

Monoklin prismatisch (?).

$a : b : c = 0,8653 : 1 : 0,3406$; $\beta = 94^\circ 51'$ Steinmetz[2]).

Die von Rosenheim und Cohn[1]) dargestellten Krystalle zeigen die Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$; kurzprismatisch nach der Verticalaxe, meist $a\{100\}$ vorherrschend. Die Messungen ergaben Schwankungen in der Zone [001], welche es möglich erscheinen lassen, daß die Krystalle triklin sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *81° 32′ |
| $m : r = (110) : (101) =$ | — | *70 52 |
| $r : \varrho' = (101) : (\bar{1}01) =$ | — | *42 53 |
| $r : a = (101) : (100) =$ | 64° 21′ | 64 9 |
| $\omega : m = (11\bar{1}) : (110) =$ | 56 25 | 55 41 |
| $\omega : \varrho = (11\bar{1}) : (10\bar{1}) =$ | 34 17 | 33 40 |
| $\omega' : r = (\bar{1}11) : (101) =$ | 52 43 | 52 0 |

Optische Untersuchung wegen Undurchsichtigkeit nicht möglich.

## Salze drei- und zweiwertiger Metalle.

Hier liegt nur die Untersuchung der folgenden Verbindungen von Rhodanaten mit Cyaniden vor:

Lanthanthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_3La . 3(NC)_2Hg . 12H_2O$,
Cerothiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_3Ce . 3(NC)_2Hg . 12H_2O$,
Didymthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_3Di . 3(NC)_2Hg . 12H_2O$,
Erbiumthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_3Er . 3(NC)_2Hg . 12H_2O$,
Yttriumthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_3Y . 3(NC)_2Hg . 12H_2O$.

Von diesen krystallisieren die beiden ersten monoklin und sind unzweifelhaft isomorph; die Didymverbindung bildet rhombische Krystalle, welche keine in die Augen fallenden Beziehungen zu den ersteren zeigen; die beiden letzten Salze dagegen krystallisieren triklin mit Axenverhältnissen, welche denen des Lanthan- und Cersalzes sehr ähnlich sind, während die Axenwinkel bedeutend differieren. Es ist also jedenfalls für diese Gruppe Trimorphie anzunehmen. Mischkrystalle wurden nicht dargestellt.

---

3) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr.-physikal. Chemie, Leipzig 1882, 2, 34.

### Lanthanthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_3La.3(NC)_2Hg.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,691 Topsøe[1].
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,2787:1:2,5787; \quad \beta = 92^\circ 37'$ Topsøe[1]).

Dargestellt von Cleve. Schöne wasserhelle Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $m\{110\}$, selten und schmal $\sigma\{20\bar{1}\}$ und $x\{11\bar{2}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ = | — | *87° 23′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ = | 50° 1′ | 50 14 |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001)$ = | 68 23 | 68 49 |
| $r:c = (101):(001)$ = | 47 4½ | 47 1 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001)$ = | — | *71 22 |
| $m:c = (110):(001)$ = | 88 57 | 88 53 |
| $o:c = (111):(001)$ = | 69 30 | 69 27 |
| $x':c = (\bar{1}12):(001)$ = | 55 17½ | 55 19 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100)$ = | — | *68 32 |
| $o:a = (111):(100)$ = | 66 55 | 66 38 |
| $m:a = (110):(100)$ = | 66 17 | 66 8 |
| $r:\omega' = (101):(\bar{1}11)$ = | 93 31 | 93 48 |
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1})$ = | 60 11 | 60 21 |
| $o:r = (111):(101)$ = | 59 3½ | 59 2 |
| $r:m = (101):(110)$ = | 72 8 | 72 0 |
| $x':r = (\bar{1}12):(101)$ = | 72 46½ | — |
| $x:\varrho = (11\bar{2}):(10\bar{1})$ = | 51 45 | 51 54 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.
Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie nahe senkrecht zu $c\{001\}$; $2E = 127^\circ 16'$.

### Cerothiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_3Ce.3(NC)_2Hg.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,692 Topsøe[1].
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,2921:1:2,5655; \quad \beta = 92^\circ 39'$ Topsøe[1]).

Dargestellt von Jolin. Formen und Combinationen gleich vorigem, nur fehlt $\sigma\{\bar{2}01\}$; nicht selten Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ = | — | *87° 21′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ = | 49° 42′ | 50 20 |
| $r:c = (101):(001)$ = | 46 45 | 46 59 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001)$ = | — | *71 16 |
| $m:c = (110):(001)$ = | 88 56 | 89 3 |
| $o:c = (111):(001)$ = | 69 23 | 69 21 |
| $x':c = (\bar{1}12):(001)$ = | 55 8 | 55 30 circa |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100)$ = | — | *68 41 |
| $o:a = (111):(100)$ = | 67 2 | 66 42 |
| $m:a = (110):(100)$ = | 66 24½ | 66 9 |

1) Topsøe, Bihang t. K. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1874, 2, No. 5, 12 f.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 60° 13′ | 60° 11′ |
| $o:r = (111):(101) =$ | 59 5 | 58 53 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 72 58 | 73 33 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 72 18½ | 72 11 |
| $x:x = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2}) =$ | 97 32 | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ sehr vollkommen.
Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$.

### Didymthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_2Di.3(NC)_2Hg.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,697 Topsøe[1]).
Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,3556:1:0,2449$$ Topsøe[1]).

Die von Cleve dargestellten Krystalle sind kleine rötliche Prismen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, schmal und nicht immer vorhanden $n\{120\}$; selten deutliche Endflächen: $c\{001\}$, untergeordnet $q\{021\}$ und $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *70° 25½′ |
| $n:b = (120):(010) =$ | 54° 35′ | 54 31 |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *53 50 |
| $q:b = (021):(010) =$ | 64 54 | 63 47 circa |
| $o:b = (111):(010) =$ | 78 36 | 78 0 » |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 67 34 | — |

Spaltbarkeit wegen der Kleinheit der Krystalle nicht bestimmt.
Doppelbrechung positiv; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $b$; $2E = 88°42'$, $v > \varrho$.

### Erbiumthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_2Er.3(NC)_2Hg.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,740 Topsøe[1]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 2,2697:1:2,5976$$ Topsøe[1]).

$$\alpha = 79°41', \quad \beta = 102°40\tfrac{1}{2}', \quad \gamma = 88°30'.$$

Dargestellt von Cleve. Sechsseitige Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $\xi\{1\bar{1}\bar{2}\}$, selten $x\{1\bar{1}2\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *94° 45′ |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 74° 58½′ | 74 52 |
| $\xi:\mu = (1\bar{1}\bar{2}):(1\bar{1}0) =$ | 39 42 | 40 9 |
| $x:\mu = (1\bar{1}2):(1\bar{1}0) =$ | 29 52 | 29 30 circa |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *76 49½ |
| $r':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *55 53 |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *69 21 |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *62 49 |
| $\xi:a = (1\bar{1}\bar{2}):(100) =$ | 73 48 | 74 10 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 68 45½ | 68 42 |
| $\xi:r = (1\bar{1}\bar{2}):(10\bar{1}) =$ | 56 28½ | 56 31 |
| $r:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 78 53 | 79 7 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen.

### Yttriumthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat = $(NCS)_3Y.3(NC)_2Hg.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,544 Topsøe[1]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 2,2815:1:2,5836 \text{ Topsøe}^{1)}.$$
$$\alpha = 79°47', \quad \beta = 102°43', \quad \gamma = 88°21'.$$

Darstellung und Combination = vor., selten noch $s\{101\}$ und $\eta\{1\bar{1}\bar{4}\}$. Die Formen $\mu$, $x$, $\xi$ und $\eta$ sind oft nur mit einer Fläche ausgebildet. Nicht selten Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *94° 42' |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *75 2 |
| $\xi':c = (\bar{1}12):(001) =$ | — | *65 4 |
| $\xi:\mu = (1\bar{1}\bar{2}):(1\bar{1}0) =$ | 39° 53½' | 39 44 |
| $x:\mu = (1\bar{1}2):(1\bar{1}0) =$ | 30 1 | 30 0 |
| $\eta:\mu = (1\bar{1}\bar{4}):(1\bar{1}0) =$ | 65 5 | 65 32 |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *76 46 |
| $r':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 55 32½ | 55 42 |
| $s:c = (101):(001) =$ | 40 51 | 41 4 |
| $m:a = (110):(100) =$ | 69 35 | 69 32 |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *62 47 |
| $r:m = (10\bar{1}):(100) =$ | 69 2 | 68 57 |
| $\xi:r = (1\bar{1}\bar{2}):(10\bar{1}) =$ | 56 17 | 56 20 |
| $r:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 78 59 | 78 50 |
| $s:\mu = (101):(1\bar{1}0) =$ | 62 25½ | 61 50 |
| $s:x = (101):(1\bar{1}2) =$ | 43 4 | — |
| $x:m' = (1\bar{1}2):(\bar{1}\bar{1}0) =$ | 57 36 | 57 53 |
| $x:a = (1\bar{1}2):(100) =$ | 63 2 | 63 3 |
| $a:\underline{r} = (100):(\underline{\bar{1}01}) =$ | 21 13½ | 21 1½ |
| $\xi:\underline{\mu} = (1\bar{1}\bar{2}):(\underline{\bar{1}10}) =$ | 9 58 | 9 52 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen, nach $m\{110\}$ gut.

## Salze vier- und einwertiger Metalle.

Von wasserfreien Verbindungen dieser Art ist nur eine einzige krystallographisch untersucht worden, **Kaliumplatithiocyanat** = $(NCS)_6PtK_2$, dargestellt von Schultz durch Auflösen von Platinsalmiak in concentrierter heißer Rhodankaliumlösung; beim Erkalten krystallisiert das Salz nach Keferstein[1]) in karminroten sechsseitigen Blättchen, nach einem Flächenpaare tafelförmige reguläre Oktaëder mit schmalen Flächen von $\{110\}$; nach Grailich[2]) ist eine optische Untersuchung wegen der rasch eintretenden Undurchsichtigkeit nicht möglich. Wenn die Substanz wirklich kubisch krystallisiert und sich eine oktaëdrische Spaltbarkeit nachweisen ließe, so würde ihre Krystallstructur mit derjenigen des normalen Chlorides $Cl_6PtK_2$ eine Analogie darbieten. Dagegen fehlt eine solche vollständig bei den Hydraten. **Kaliumplatithiocyanat-Dihydrat** = $(NCS)_6PtK_2.2H_2O$

1) Keferstein, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, **99**, 293.
2) Grailich, Krystallogr.-opt. Untersuchungen, Preisschr. Wien 1858, 124.

krystallisiert monoklin und zeigt keine Ähnlichkeit mit den nach dem gleichen Typus zusammengesetzten Salzen $Pt(CN)_4Cl_2K_2.2H_2O$ und $Pt(CN)_4Cl_2(NH_4)_2.2H_2O$ (s. Bd. **1**, S. 539 und 540); übrigens bedarf die Krystallbestimmung des genannten Salzes einer nochmaligen Revision.

Außer vorstehenden Resultaten liegen noch solche vor über zwei Verbindungen des vierwertigen Vanadins, in welchen an Stelle zweier Rhodangruppen ein Sauerstoffatom an das säurebildende Element gebunden ist: **Kalium- und Ammoniumvanadylthiocyanat-Pentahydrat**$=(NCS)_4OVK_2.5H_2O$ bzw. $(NCS)_4OV(NH_4)_2.5H_2O$. Diese beiden Salze krystallisieren rhombisch und sind wohl isomorph, weichen aber in dem Verhältnisse $a:b$ sehr stark von einander ab, während $a:c$ fast genau übereinstimmen.

### Kaliumplatithiocyanat-Dihydrat $= (NCS)_6PtK_2.2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}653:1:2{,}044$; $\beta = 99°14'$ Wyrouboff[3]).

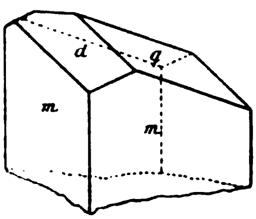
Die hell karmoisinroten, leicht verwitternden Krystalle wurden von Wyrouboff erhalten durch Zufügen von Platinchloridlösung zu einer warm gesättigten Lösung von Kaliumrhodanat beim Abkühlen, sowie auch durch Verdunstung bei gewöhnlicher Temperatur. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $i\{11\bar{2}\}$, $q\{011\}$. Combinationen tafelförmig nach $c$ oder bipyramidal durch Vorherrschen von $m$ und $o$, erstere beim Abkühlen der warmen Lösung entstehend.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *65° 35′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *82 15 |
| $i':c = (\bar{1}12):(001) =$ | — | *67 55 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 82° 19′ | 81 13 |
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | 52 44 | 52 52 |
| $q:i' = (011):(\bar{1}12) =$ | 51 38 | (56 40 ?) |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 60 52 | 60 0 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ weniger gut.

### Kaliumvanadylthiocyanat-Pentahydrat $= (NCS)_4OVK_2.5H_2O$.

Fig. 404.




Rhombisch pyramidal.

$a:b:c = 0{,}9163:1:0{,}5469$ Steinmetz[4]).

Die von Koppel und Goldmann[4]) aus Äthylacetat erhaltenen Krystalle sind kurzprismatische, stets nur an einem Ende ausgebildete Combinationen (Fig. 404) von $m\{110\}$ mit $d\{101\}$ und $q\{011\}$, während $q'\{0\bar{1}1\}$ fehlt oder nur klein ausgebildet ist.

---

3) Wyrouboff, Ann. chim. phys. 1877, (5) **10**, 417. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **1**, 404. Später wurden von Negri (Rivista d. min. e crist. ital. 1891, **9**, 80) Correcturen der Berechnung vorgenommen, welche hier berücksichtigt sind.

4) Koppel und Goldmann (Mess. v. Steinmetz, hier ausführlicher mitgeteilt), Zeitschr. f. anorg. Chem. 1903, **36**, 281 f. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 686.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *85° 0′ |
| $d:m = (101):(110) =$ | — | *67 52 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 71° 5′ | 70 50 |
| $d:d = (101):(\bar{1}01) =$ | 61 28 | 61 32 |
| $d:q = (101):(011) =$ | 41 3 | 41 30 |
| $q:q' = (011):(0\bar{1}1) =$ | 57 22 | 60 circa |

Keine deutliche Spaltbarkeit, Bruch muschelig.

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$. Durch $m\{110\}$ gesehen stark pleochroïtisch, Schwingungen parallel den Prismenkanten indigoblau, die dazu senkrechten violett und viel stärker absorbiert.

**Ammoniumvanadylthiocyanat-Pentahydrat** = $(NCS)_4OV(NH_4)_2 . 5H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,991:1:0,607$ Steinmetz[4]).

Darstellung = vor. Langprismatische Krystalle $m\{110\}$, $d\{101\}$, mit vielfach gestörten Flächen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *89°30′ |
| $d:d = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *61 0 |
| $d:m = (101):(110) =$ | 69° 4′ | 69 50 |

Keine deutliche Spaltbarkeit, Bruch muschelig.

Die Prismen $m$ zeigen starken Pleochroïsmus; Schw. $\parallel c$ indigblau, $\perp c$ sehr tief azurblau.

## Salze vier- und zweiwertiger Metalle.

Die einzigen hierhergehörigen Körper, über welche Angaben vorliegen, sind **Strontium-** und **Baryumplatithiocyanat** = $(NCS)_6PtSr$ und $(NCS)_6PtBa$; Analysen dieser Salze, von welchen nach einer älteren und der Wiederholung und Ergänzung bedürftigen Untersuchung das erstere monoklin, das zweite rhombisch krystalliert, scheinen nicht veröffentlicht worden zu sein.

**Strontiumplatithiocyanat** = $(NCS)_6PtSr$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6085:1:1,0610$; $\beta = 101°0'$ Grailich[1]).

Die von Weselsky dargestellten Krystalle zeigen nach Grailich die Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$ und sind entweder durch Vorherrschen von $c$ tafelig oder nach $m$ prismatisch. Außer $c\{001\}$ sind die Flächen meist gestreift oder rauh.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *59° 6′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *71 35 |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *27 50 |
| $o:'m = (111):(1\bar{1}0) =$ | 67° 46′ | 67 30 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 61 42 | 61 circa |

Dunkel karmoisinrot, kein deutlicher Pleochroïsmus.

1) Grailich, Krystallogr.-opt. Untersuchungen, Preisschr. Wien 1858, 126.

**Baryumplatithiocyanat** = $(NCS)_6PtBa$.

Rhombisch. $b:c = 1:1,2108$ Grailich[1]).

Dargestellt von Weselsky; nach Grailich (l. c. 125) dünne Täfelchen $c\{001\}$ mit den Randflächen $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, von welchen nur die letzten meßbar sind.

$$q:c = (011):(001) = {}^*50^\circ 27' \text{ beob.}$$

Ebene der opt. Axen $b\{010\}$, Axenwinkel sehr groß.

# Nitrite (incl. Halogenonitrite) und deren Ammoniak- und Alkylsulfidverbindungen.

## Einfache Salze.

### Nitrite einwertiger Metalle.

Die salpetrigsauren Salze der Alkalien sind meist zerfließlich und daher zu krystallographischen Bestimmungen nicht geeignet, nur **Natriumnitrit** = $NO_2Na$ ist luftbeständig; nach Fock[1]), dem wir die Kenntnis der Krystallformen einer Reihe von Nitriten verdanken, krystallisiert dasselbe rhombisch. **Silbernitrit** = $NO_2Ag$ ist ebenfalls rhombisch, aber mit dem vorigen nicht isomorph. Die Ammoniakverbindung des letzteren: **Monammin-Silbernitrit** = $NO_2Ag.NH_3$ krystallisiert tetragonal und **Mercuronitrit-Hemihydrat** = $NO_2Hg.\frac{1}{2}H_2O$ triklin.

**Natriumnitrit** = $NO_2Na$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,6399:1:0,9670$ Fock[1]).

Die durch Verdunsten der Lösung des käuflichen Salzes erhaltenen Krystalle zeigen die Combination (Fig. 405): $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$ und sind meist tafelförmig, manchmal auch prismatisch nach $m$; aus einer Lösung mit erheblicher Menge von Bleinitrit erhielt Fock (l. c. 179) große Krystalle von der Form der Fig. 406 mit untergeordneten Flächen von $d\{201\}$, aus einer Lösung, welche Quecksilbernitrit enthielt, die prismatische Combination $rcb$ (Fig. 407).

Fig. 405.

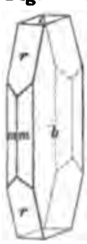



Fig. 406.

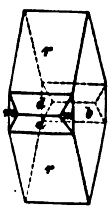
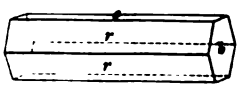



Fig. 407.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | $*65^\circ 14'$ |
| $r:r = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *66 58 |
| $r:m = (101):(110) =$ | $45^\circ 22'$ | 45 24 |
| $d:d = (201):(20\bar{1}) =$ | 36 36 | 36 30 circa |

Spaltbarkeit nach $r\{101\}$ vollkommen.

Ebene der opt. Axen $b\{010\}$, 1. Mittell. $c$, durch $r\{101\}$ je ein Axenbild sichtbar.

1) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1890, 17, 177.

## Silbernitrit = $NO_2Ag$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5704:1:0{,}8283$ Fock[1]).

Fig. 408.

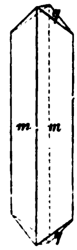
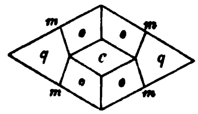



Fig. 409.




Durch Umkrystallisieren des Salzes aus heißem Wasser sind nach Fock (l. c. 179) leicht meßbare Krystalle zu erhalten, lange Nadeln $m\{110\}$ mit den Endflächen $q\{011\}$ (Fig. 408), seltener auch mit $o\{116\}$ und $c\{001\}$ (Fig. 409); untergeordnet ferner $b\{010\}$. Eine approximative Messung wurde an Krystallen der Combination Fig. 408 schon früher von Rammelsberg[2]) vorgenommen.

| | Berechnet: | Beobachtet: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *59° 24′ | 58° 27′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *79 16 | 81 30 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 71° 35′ | 71 31 | 71°—72° |
| $o:'o = (116):(\bar{1}\bar{1}6) =$ | 31 15 | 31 8 | — |
| $o:o = (116):(1\bar{1}6) =$ | 15 17 | — | — |
| $o:o' = (116):(\bar{1}16) =$ | 26 58 | — | — |

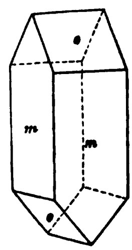
Spaltbarkeit nicht beobachtet.

## Monammin-Silbernitrit = $NO_2Ag.NH_3$.

Ditetragonal skalenoëdrisch.

$a:c = 1:0{,}6086$ Fock[1]).

Fig. 410.




Dargestellt von Fock (l. c. 180) durch Verdunstenlassen einer Lösung von salpetrigsaurem Silber in wässerigem Ammoniak; große Krystalle der Combination (Fig. 410): $m\{110\}$, $o\{111\}$, selten mit $c\{001\}$ und $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:'o = (111):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | — | *81° 26′ |
| $o:a = (111):(100) =$ | 62° 32′ | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen.
Doppelbrechung positiv.

## Mercuronitrit-Hemihydrat = $NO_2Hg.\frac{1}{2}H_2O$.

Triklin. Die von Ray dargestellten kleinen gelben Krystalle zeigen nach Holland[3]) die Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{1\bar{1}0\}$, $p\{111\}$ und lieferten approximativ die Winkel·

| | |
|---|---|
| $am = 59° 41'$ | $ac = 83° 20'$ |
| $mc = 61\ 22$ | $pc = 42\ 57$ |
| $pa = 61\ 11$ | $pm = 96\ 33 = (111):(\bar{1}10)$. |

Doppelbrechung stark; Auslöschung auf $a$ unter 33° mit der Verticalkante.

2) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1863, 118, 293.
3) Holland, Journ. Chem. Soc. Lond. 1897, 71, 346.

## Nitrite zweiwertiger Metalle.

Die salpetrigsauren Salze der zweiwertigen Metalle sind ebenfalls meist zerfließlich, so daß auch von ihnen spärliche Krystallbestimmungen vorliegen. **Calciumnitrit-Monohydrat** = $(NO_2)_2Ca.H_2O$ krystallisiert nach Müller[1]) in dünn-nadelförmigen hexagonalen Prismen $m\{10\bar{1}1\}$ mit den Endflächen $o\{10\bar{1}1\}$ und $c\{0001\}$; das Salz ist jedenfalls isomorph mit dem Strontium- und dem Baryumsalze, da sich aus gemischten Lösungen mit dem letzteren Krystalle vom Habitus des Baryumnitrites ausscheiden. **Strontiumnitrit-Monohydrat** = $(NO_2)_2Sr.H_2O$ erhielt Vogel[1]) (l. c. 392) aus einer concentrierten, mit Alkohol überschichteten Lösung in Krystallen, welche von der an der Grenze beider Flüssigkeiten gebildeten Salzkruste aus langsam nach abwärts wuchsen und nach Müller die hexagonale Combination $m\{10\bar{1}0\}$, $c\{0001\}$ darboten; Eppler[2]) erhielt von derselben Verbindung durch sehr langsames Verdunsten der wässerigen Lösung in der Kälte wasserhelle kubische Krystalle der Comb. $\{111\}:\{100\}$ mit unvollkommener Spaltbarkeit nach $\{111\}$, an welchen er die Dichte 2,986 und den Brechungsindex $n = 1,5854$ für $Li$, 1,5888 für $Na$ bestimmte (eine Analyse ist nicht angegeben; vielleicht ein höheres Hydrat?). **Baryumnitrit-Monohydrat** = $(NO_2)_2Ba.H_2O$ krystallisiert hexagonal und ist das einzige Salz dieser Gruppe, dessen Elemente genauer bestimmt werden konnten.

Wie die Dihalogenide des Platins, bilden auch die Platonitrite Verbindungen mit Alkylsulfiden, welche ebenso, wie die des Platinchlorürs usw. in zwei isomeren Formen existieren können; dieselben sind, wie die entsprechenden Halogenverbindungen (s. **1**, 268 f.) durch Blomstrand[3]) und dessen Schüler dargestellt und von Weibull[4]) krystallographisch untersucht worden. Vom **Platoäthylsulfinnitrit** = $(NO_2)_2Pt.2S(C_2H_5)_2$ existiert nur eine Form, welche rhombisch krystallisiert und keine Ähnlichkeit mit den Halogensalzen darbietet. Vom **Platopropylsulfinnitrit** = $(NO_2)_2Pt.2S(C_3H_7)_2$ ist die Krystallform des einen Isomeren ($\alpha$) rhombisch, des andern ($\beta$) monoklin, beide aber nur unvollständig bekannt. **Platoisopropylsulfinnitrit** = $(NO_2)_2Pt.2S(iC_3H_7)_2$ besitzt eine trikline Krystallform, deren Axenwinkel sehr ähnlich denen des Platoisopropylsulfinchlorides (**1**, 278) sind. **Platobutylsulfinnitrit** = $(NO_2)_2Pt.2S(C_4H_9)_2$ existiert nur in einer rhombischen Form, welche mit denen der Halogenverbindungen nicht verglichen werden kann, da deren Elemente nicht vollständig bestimmt werden konnten. Dagegen zeigt **Platoisobutylsulfinnitrit** = $(NO_2)_2Pt.2S(iC_4H_9)_2$ in seiner $\beta$-Form, wenn auch ebenfalls nicht vollständig krystallographisch bekannt, eine so auffallende Übereinstimmung mit dem $\beta$-Chlorid (s. **1**, 283), daß

---

1) Vogel (Krystallbest. v. Müller), Zeitschr. f. anorg. Chemie 1903, **35**, 396.
2) Eppler, Zeitschr. f. Krystall. 1899, **30**, 134.
3) Blomstrand (bzw. Rudelius u. Löndahl). Journ. f. prakt. Chemie 1883 (2), **27**, 161; 1888 (2), **38**, 343, 497, 512 f.
4) Weibull, Zeitschr. f. Krystall. 1888, **14**, 116 f.

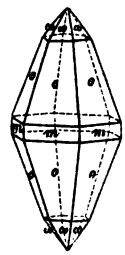
man beide als isomorph betrachten könnte, wie es Weibull getan hat. Jedenfalls ist die Änderung, welche die Ersetzung von Halogen durch die Nitritogruppe in den höheren Homologen dieser Reihe hervorbringt, eine sehr geringe.

### Baryumnitrit-Monohydrat = $(NO_2)_2Ba.H_2O$.

Hexagonal. $a:c = 1:2{,}5056$ Fock[5]).

Das Salz wurde zuerst von Lang[6]) als in hexagonalen Prismen krystallisierend beschrieben; Rammelsberg[7]) gab Krystallmessungen, scheint aber keine eigene Analyse gemacht zu haben; er beobachtete die Combination $m\{10\bar{1}0\}$, $o\{10\bar{1}1\}$, seltener mit $c\{0001\}$. Die genaueste krystallographische Bestimmung rührt von Fock her, welcher aus wässeriger Lösung beim langsamen Verdunsten große Krystalle der Combination Fig. 411: $o\{10\bar{1}1\}$, $\omega\{10\bar{1}2\}$, $m\{10\bar{1}0\}$ erhielt und angibt, daß diese sich bei der chemischen Untersuchung als wasserfrei erwiesen hätten (eine Analyse ist nicht angeführt); mit den von ihm und von Rammelsberg gemessenen Krystallen sind aber unzweifelhaft identisch die von Vogel[1]) dargestellten, für welcher dieser die obige Formel feststellte; die letzteren zeigten nach Müller[1]) (l. c. 388) vorherrschend $m\{10\bar{1}0\}$ mit den Endflächen $o\{10\bar{1}1\}$, häufig auch $c\{0001\}$, und waren bis 30 mm lang und 2 mm dick.

Fig. 411.



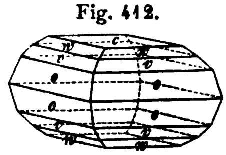
| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Rammelsberg: | Müller: |
|---|---|---|---|---|
| $o:m = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | — | *19° 8′ | 18°36′ | 18°11′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 56°24′ | 56 28 | 57 18 | — |
| $\omega:m = (10\bar{1}2):(10\bar{1}0) =$ | 34 39 | 34 27 | — | — |
| $\omega:\omega = (10\bar{1}2):(01\bar{1}2) =$ | 48 34 | 48 51 | — | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.
Doppelbrechung negativ.

### Platoäthylsulfinnitrit = $(NO_2)_2Pt.2S(C_2H_5)_2$.

Direct aus Kaliumplatonitrit mit Sulfid oder aus Sulfat mit Kaliumnitrit dargestellt, resultiert stets nur ein Nitrit.

Fig. 412.



Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8884:1:2{,}641$ Weibull[4]).

Weibull (l. c. 125) beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $v\{113\}$, $w\{115\}$. Glänzende Krystalle, an welchen eine Bipyramide, gewöhnlich $v$, überwiegt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | 75°53½′ | 75°50′ |
| $v:c = (113):(001) =$ | — | *52 59 |
| $w:c = (115):(001) =$ | 38 30½ | 38 45 |
| $v:v = (113):(1\bar{1}3) =$ | — | *64 3 |
| $v:v' = (113):(\bar{1}13) =$ | 73 18 | 72 58 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 80 12 | 80 30 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 92 57 | 92 28 |

5) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1890, 17, 181.
6) Lang, K. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1859—60, N. F. 3, 1.
7) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1863, 118, 287.

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Die optischen Axen liegen in $\{100\}$ und die $b$-Axe ist erste Bisectrix. Starke Doppelbrechung.

### Platopropylsulfinnitrit $= (NO_2)_2 Pt . 2S(C_3H_7)_2$.

**α-Nitrit.**

Aus Kaliumplatonitrit und Propylsulfid.

Rhombisch (?).

$a:b:c = 0{,}453:1:?$ Weibull[4]) (l. c. 129).

Kleine sechsseitige, nach der $c$-Axe prismatische Krystalle der Combination: $b\{010\}$, $p\{110\}$, selten mit $c\{001\}$.

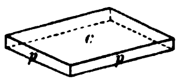
$b:p = (010):(110) = 65^\circ 39'$ beob.
$b:c = (010):(001) = 89\ 52$ »

**β-Nitrit.**

Aus Sulfat und Kaliumnitrit wird diese Verbindung gefällt.

Monoklin. $a:b:c = 0{,}7463:1:?$; $\beta = 108^\circ 57'$ Weibull[4]).

Fig. 113.



Vierseitige Tafeln nach $c\{001\}$, die nach dieser Fläche vollkommen spalten, mit $p\{110\}$.

$c:p = (001):(110) = 74^\circ 37'$ beob.
$p:p = (110):(1\bar{1}0) = 70\ 26$ »

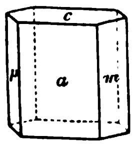
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$.

### Platoisopropylsulfinnitrit $= (NO_2)_2 Pt . 2S(iC_3H_7)_2$.

Direct aus Platokaliumnitrit und Sulfid dargestellt. Kurze farblose Krystalle, die sich bei 210° zersetzen, ohne zu schmelzen.

Triklin pinakoidal.

Fig. 114.



$a:b:c = 1{,}6924:1:?$ Weibull[4]).

| | |
|---|---|
| $\alpha = 96^\circ\ 5'$ | $A = 96^\circ 12'$ |
| $\beta = 96\ 40\frac{1}{2}$ | $B = 96\ 47$ |
| $\gamma = 90\ 38\frac{1}{2}$ | $C = 91\ 21\frac{1}{2}$ |

Weibull (l. c. 134) beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $p\{1\bar{1}0\}$ (Fig. 114).

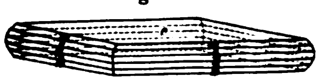
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *58° 23' |
| $p:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *60 24 |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *83 13 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *81 17 |
| $p:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 91° 54½' | 91 52 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ gut.

Auslöschung schief auf allen Flächen, durch $a$ ein Axenbild sichtbar.

### Platobutylsulfinnitrit $= (NO_2)_2 Pt . 2S(C_4H_9)_2$.

Fig. 115.



Analog mit dem Bromid und Jodid existiert nur eine Art von Normalbutylsulfinnitrit.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}898:1:2{,}067$ Weibull[4]) (l. c. 136).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $w\{112\}$, $p\{110\}$. Tafelförmig nach $c\{001\}$. Die farblosen Krystalle waren schlecht ausgebildet. $c\{001\}$ ist selten eben.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *72° 5′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *78 58 |
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | 83° 52′ | 84 31 |
| $o:p' = (111):(1\bar{1}0) =$ | 84 10 | 84 37 |
| $w:c = (112):(001) =$ | 57 6½ | 57 30 (appr.) |

Die optischen Axen liegen in $c\{001\}$.

### Platoisobutylsulfinnitrit = $(NO_2)_2Pt.2S(iC_4H_9)_2$.

**α-Nitrit.**

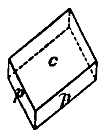
Löndahl[3]) erhielt dünne Tafeln, die wahrscheinlich rhombisch sind, wenn er ein Nitrit dieses Sulfids direct darstellte.

**β-Nitrit.**

Monoklin. $a:b:c = 1{,}5807:1:?$; $\beta = 132°12'$ Weibull[4]).

Weibull (l. c. 139) beobachtete nur die Formen: $c\{001\}$, $p\{110\}$. Tafeln nach $c\{001\}$, kaum spaltbar nach dieser Fläche.

Fig. 116.




$c:p = (001):(110) = 64°8'$ beob.
$p:p = (110):(1\bar{1}0) = 99\ 0$ »

Die Auslöschung ist auf $c\{001\}$ diagonal, kein Axenbild sichtbar.

## Nitrite dreiwertige Metalle.

Hier kommen nur die complexen Verbindungen solcher Salze mit Ammoniak und Aethylendiamin in Betracht, und zwar besonders diejenigen des Kobalttrinitrites, welches sich in dieser Beziehung ganz analog dem Kobalttrichlorid verhält, daher nicht nur in beiden Reihen von complexen Salzen die analogen Verbindungen existieren, sondern auch intermediäre Chloro- und Bromonitrite, d. h. salpetrigsaure Salze, in welchen ein oder zwei Nitritogruppen durch Chlor- oder Bromatome ersetzt sind. Mit Rücksicht auf das hohe theoretische Interesse, welches diese Complexverbindungen durch ihre Isomerieverhältnisse in neuerer Zeit erregt haben, wäre es sehr wichtig, die krystallographischen Beziehungen zwischen den beiden Salzreihen festzustellen und dadurch die morphotropischen Beziehungen der Halogene zur Nitritogruppe ebenso kennen zu lernen, wie die zur Nitrogruppe bei den Benzolderivaten. Leider sind die den bisher untersuchten Nitriten entsprechenden Verbindungen von Trihalogeniden des Kobalts mit Ammoniak unter den gemessenen und im 1. Bd. S. 258 f. beschriebenen Körpern nicht vorhanden, so daß zur Zeit eine solche Vergleichung noch nicht vorgenommen werden kann.

Das einzige, bisher krystallographisch untersuchte, kein Halogen enthaltende salpetrigsaure Salz ist das **Triammin-Kobalttrinitrit** (Hexakobaltaminnitrit Gibbs) = $(NO_2)_3Co.3NH_3$, welches rhombisch krystallisiert. Vom Tetrammin-Kobalttrinitrit leitet sich durch Ersetzung einer Nitritogruppe durch Chlor ab das **Tetrammin-Kobaltchlorodinitrit** = $(NO_2)_2ClCo.4NH_3$; von den beiden möglichen stellungsisomeren Körpern ist die Krokeoverbindung (1-6- nach Werner) gemessen worden; sie bildet rhombische Krystalle. Eine

Verwandtschaft der Krystallformen mit ihr könnte die entsprechende Bromverbindung zeigen, welche statt der $4NH_3$ zwei Moleküle Diäthylendiamin enthält, jedoch ist statt deren nur das isomere **Diäthylendiamin-Kobaltbromodinitrit** = $(NO_2)_2BrCo.2(NH_2)_2C_2H_4$ von der Stellung 1-2, die Flavoverbindung, krystallographisch untersucht, und dessen monokline Form zeigt, wie zu erwarten, keinerlei Analogie mit jener rhombischen. In krystallographischer Beziehung nehmen eine isolierte Stellung ferner auch ein das rhombisch krystallisierte **Tetrammin-Kobaltdithiocyanonitrit** = $NO_2(NCS)_2Co.4NH_3$ und das monokline **Pentammin-Kobaltdichloronitrit** (Xantho-Verbindung) = $NO_2Cl_2Co.5NH_3$.

Außer diesen Kobaltverbindungen sind noch zwei Iridiumverbindungen gemessen worden, welche aber keiner der vorhergehenden entsprechend zusammengesetzt sind, nämlich **Pentammin-Iridiumchlorodinitrit** = $(NO_2)_2ClIr.5NH_3$ und **Pentammin-Iridiumbromodinitrit** = $(NO_2)_2BrIr.5NH_3$; beide krystallisieren rhombisch und sind unzweifelhaft isomorph; sie zeigen den gleichen Habitus und ganz ähnliche Axenverhältnisse, wie das Pentammin-Iridiumtrichlorid (s. **1**, 263), und auf diese interessante Beziehung wurde bereits bei Besprechung der letzteren Verbindung l. c. 259 aufmerksam gemacht.

### Triammin-Kobalttrinitrit = $(NO_2)_3Co.3NH_3$.

Spec. Gew. 2,020 Jaeger[1]).

Rhombisch bisphenoidisch.

$a : b : c = 0,8682 : 1 : 0,6020$ Jaeger[1]).

(Topische Parameter: $\chi : \psi : \omega = 5,345 : 6,177 : 3,719$ Jaeger[1]).)

Fig. 117.

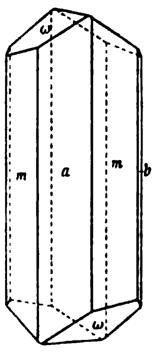
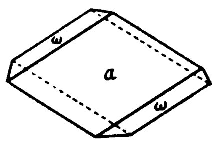



Fig. 118.




Die untersuchten, von Jörgensen[2]) dargestellten Krystalle sind dunkelbraune Prismen (Fig. 117): $a\{100\}$, $m\{210\}$, $b\{010\}$, am Ende $\omega\{1\bar{1}1\}$, klein auch $o\{111\}$, oft mit gekrümmten Flächen; an einem von Werner[3]) nach Jörgensens Methode dargestellten Präparate fand Jaeger nur die Formen $a\{100\}$ und $\omega\{1\bar{1}1\}$ (Fig. 118).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m : a$ | $= (210) : (100) =$ | — | *23°28′ |
| $\omega : \omega'$ | $= (1\bar{1}1) : (\bar{1}11) =$ | — | *83 24 |
| $m : \omega$ | $= (2\bar{1}0) : (1\bar{1}1) =$ | 50°38′ | 50 59 |
| $\omega : a$ | $= (1\bar{1}1) : (100) =$ | 64 8½ | 64 15 |
| $m : {}_{,}\omega$ | $= (2\bar{1}0) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 73 19 | 73 35 |
| $\omega : {}'o$ | $= (1\bar{1}1) : (\bar{1}\bar{1}1) =$ | 60 18 | 60 42 (circa) |
| $\omega : b'$ | $= (1\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | 59 51 | 59 44 (circa) |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

1) Jaeger, Zeitschr. f. Krystall. 1904, **39**, 568.

2) Jörgensen, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1894, **7**, 307; 1898, **17**, 475.

3) Werner, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1895, **8**, 177. Die hier erwähnte Isomerie der beiden Präparate hält Werner nach einer späteren Privatmitteilung an Jaeger nicht mehr aufrecht; es handelt sich also nur um verschiedene Ausbildung der Krystalle einer und derselben Substanz.

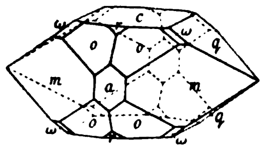
### Tetrammin-Kobaltchlorodinitrit (Krokeo-Verb.) = $(NO_2)_2ClCo \cdot 4NH_3$.

Spec. Gew. 1,875 Jaeger[1]).
Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}7905 : 1 : 0{,}7706$ Jaeger[1]).

(Topische Parameter:
$\chi : \psi : \omega = 4{,}795 : 6{,}065 : 4{,}674$ Jaeger[1]).)

Fig. 419.



An den von Jörgensen[2]) (l. c. **17**, 468) erhaltenen orange- bis braungelben Krystallen beobachtete Jaeger (l. c. 557) die Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$ vorherrschend, ferner: $o\{211\}$, $a\{100\}$, $\omega\{111\}$, $r\{101\}$ (Fig. 419).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : q = (110) : (011) =$ | — | *67° 45½′ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *75 54 |
| $m : o = (110) : (211) =$ | 30° 10′ | 30 14½ |
| $o : r = (211) : (101) =$ | 26 37½ | 26 31½ |
| $r : q = (101) : (011) =$ | 55 27 | 55 29 |
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | 76 39 | 76 35 |
| $a : o = (100) : (211) =$ | 32 43¾ | 32 51 |
| $o : \omega = (211) : (111) =$ | 19 23¼ | 19 33½ |
| $c : o = (001) : (211) =$ | 64 45¾ | 64 37½ |
| $c : \omega = (001) : (111) =$ | 51 30⅔ | 51 17 |
| $o : o = (211) : (2\bar{1}1) =$ | 38 50⅓ | 38 32½ |
| $o : \omega = (2\bar{1}1) : (111) =$ | 51 39 | 51 23 |
| $c : r = (001) : (101) =$ | 44 16 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.
Pleochroïsmus schwach.

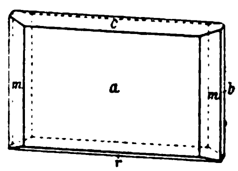
### Diäthylendiamin-Kobaltbromodinitrit (Flavo-Verb.) = $(NO_2)_2BrCo \cdot 2(NH_2)_2C_2H_4$.

Spec. Gew. 2,001 Jaeger[1]).
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}7873 : 1 : 0{,}537;$
$\beta = 117° 14'$ Jaeger[1]) l. c. 558.

(Topische Parameter:
$\chi : \psi : \omega = 6{,}108 : 7{,}758 : 4{,}166$ Jaeger[1]).)

Fig. 420.



Dargestellt von Werner. Große, hell rotbraune Krystalle, gewöhnlich tafelförmig nach $a\{100\}$ (Fig. 420), zuweilen auch dickprismatisch nach $m\{110\}$, ferner $c\{001\}$, $b\{010\}$ und $r\{10\bar{1}\}$, letzteres nur durch Schimmermessung bestimmbar.

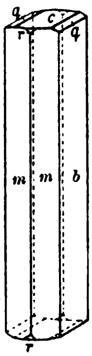
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *62° 46′ |
| $m : a = (110) : (100) =$ | — | *34 59½ |
| $a : r = (100) : (10\bar{1}) =$ | — | *75 50 (circa) |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 67° 59′ | 68 0 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$.

### Tetrammin-Kobaltdithiocyanonitrit = $NO_2(NCS)_2Co.4NH_3$.

Spec. Gew. 1,805 Jaeger[1]).
Rhombisch bipyramidal.

Fig. 421.



$a:b:c = 0,4589 : 1 : 0,3066$ Jaeger[1]) l. c. 561.

(Topische Parameter: $\chi : \psi : \omega = 4,791 : 10,360 : 3,201$ Jaeger[1]).)

Dargestellt von Werner[4]). Kleine, aus Wasser krystallisierte, dünne blutrote Nädelchen mit den Formen (Fig. 421): $b\{010\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $r\{201\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *65° 21′ |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *72 58 |
| $m:r = (110):(201) =$ | 43° 19′ | 43 59 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 82 47 | 82 42 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

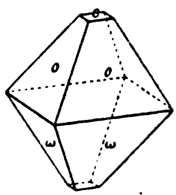
### Pentammin-Kobaltdichloronitrit (Xantho-Verb.) = $NO_2Cl_2Co.5NH_3$.

Spec. Gew. 1,698 Jaeger[1]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1923 : 1 : 1,2443; \quad \beta = 95°24'$ Jaeger[1]).

(Topische Parameter: $\chi : \psi : \omega = 5,608 : 4,704 : 5,853$ Jaeger[1]).)

Fig. 422.



Es wurden Präparate dieses Salzes von Werner und von Jörgensen untersucht (l. c. 553). Fast undurchsichtige kleine oktaëderähnliche Krystalle der Combination Fig. 422: $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *55° 49′ |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 60° 51′ | 60 43 |
| $o:\omega = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *63 20 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *78 40 |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 66 27½ | 66 30 |
| $\omega:\omega = (1\bar{1}\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 84 0 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung stark; Axenebene $\perp b\{010\}$ und nahe senkrecht zur Kante $o:o = [111.1\bar{1}1]$; die nach einem Flächenpaare von $o\{111\}$ tafeligen Krystalle zeigen ein Axenbild mit außerordentlich starker Dispersion. Pleochroïsmus: orangerot — orangegelb.

### Pentammin-Iridiumchlorodinitrit = $(NO_2)_2ClIr.5NH_3$.

Spec. Gew. 2,519 Palmaer[5]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,9651 : 1 : 1,5350$ Morton[5]).

Die von Palmaer[5]) dargestellten Krystalle sind Combinationen von $r\{101\}$ und $q\{011\}$, gewöhnlich nach ersterem prismatisch.

4) Werner, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1900, **22**, 118.

5) Palmaer, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1895, **10**, 350. Die Krystallbestimmung von Morton befindet sich in »Palmaer, Öfvers. K. Vet. Akad. Förh. Stockholm 1889, 355 f.«. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 403. S. auch Ber. d. d. chem. Ges. 1890, **23**, 3815. Die Messungen des Bromides sind mitgeteilt in Palmaers Dissert. d. Univ. Upsala 1895. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **28**, 514.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *64° 19′ |
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *66 10 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 73° 6′ | 72 50 |

### Pentammin-Iridiumbromodinitrit = $(NO_2)_2BrIr.5NH_3$.

Spec. Gew. 2,733 Palmaer[5]).

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}9690:1:1{,}5350$ Palmaer[5]).

Dargestellt von Palmaer (l. c. 362). Beobachtete Formen: $r\{101\}$, $q\{011\}$, $m\{110\}$. Die Krystalle sind gewöhnlich nach der $a$- oder der $b$-Axe verlängert.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *64° 31½′ |
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *66 10 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 73° 3½′ | 73 18 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 54 20 | 54 12½ |
| $r:m = (101):(110) =$ | 52 36½ | 52 7 |

## Doppel- (und Tripel-) Salze.

### Doppelnitrite einwertiger Metalle.

Nur ein einziges Salz dieser Art ist bisher untersucht worden, nämlich **Kaliumsilbernitrit** = $(NO_2)_2AgK$; dasselbe krystallisiert rhombisch, wie Silbernitrit, besitzt aber unzweifelhaft eine ganz andere Krystallstructur, als das letztere, dessen Structur eine ausgesprochen pseudohexagonal-prismatische ist.

### Kaliumsilbernitrit = $(NO_2)_2AgK$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5275:1:1{,}9883$ Fock[1]).

Fock[1]) stellte das Salz durch Zusammenbringen der concentrierten Lösungen von salpetrigsaurem Silber und salpetrigsaurem Kalium dar; es entsteht zunächst eine gelblichweiße Fällung von salpetrigsaurem Silber, setzt man aber von dem Kaliumsalze einen Überschuß hinzu, so bildet sich eine gelblich gefärbte, klare Lösung. Eine solche setzte beim Verdunsten an der Luft zuerst klare spießige Krystalle von Kaliumsalpeter ab, alsdann bildeten sich glänzende dünne Tafeln, welche gleichzeitig Kalium und Silber enthielten. Nach Entfernung dieser Gebilde setzte die Lösung beim weiteren Verdunsten prismatische Krystalle ab, welche sich aber bei der Untersuchung als identisch mit den vorher gebildeten Tafeln erwiesen. Die Mutterlauge gab schließlich neben langen Prismen von Kaliumsalpeter Krystalle der Doppelverbindung und zwar in den beiden genannten Ausbildungsarten (Fig. 423 und 424) neben einander.

Fig. 423.

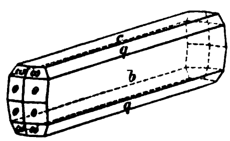



Fig. 424.




Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $\omega\{113\}$.

1) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1890, 17, 184.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(01\bar{1})$ = | — | *53°24′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | — | *54 2 |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1})$ = | 26°25′ | 26 23 |
| $o:q = (111):(011)$ = | 59 26 | — |
| $o:q_, = (111):(01\bar{1})$ = | 72 21 | 72 17 |
| $\omega:\omega = (113):(1\bar{1}3)$ = | 44 51 | 44 59 |
| $\omega:c = (113):(001)$ = | 54 51 | 54 56 |
| $\omega:\omega' = (113):(\bar{1}13)$ = | 87 21 | — |
| $\omega:q = (113):(011)$ = | 53 10 | 53 13 |
| $\omega:q_, = (113):(01\bar{1})$ = | 84 43 | — |
| $\omega:{}'o = (113):(1\bar{1}1)$ = | 54 29 | 54 33 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

## Doppel- (und Tripel-) Nitrite zwei- und einwertiger Metalle.

### Salze mit dem Verhältnisse $NO_2M:(NO_2)_2R = 1:1$.

Diese Körper entsprechen in ihrer Zusammensetzung den »normalen« Halogenosalzen, welche 6 At. Halogen auf 1 At. des zweiwertigen Elementes enthalten, und es könnten daher gesetzmäßige Beziehungen zwischen beiden Arten von Salzen existieren. Hierzu fehlt es jedoch vorläufig an Vergleichsmaterial, denn es ist bisher nur eine einzige hierher gehörige Verbindung krystallographisch untersucht worden, nämlich **Kaliumnickelnitrit** = $(NO_2)_6NiK_4$, welches von Lang und Rammelsberg[1]) dargestellt, von letzterem gemessen und außerdem auch von Topsøe[2]) untersucht wurde; die Krystalle dieses Salzes sind gelbbraune reguläre Oktaëder mit sehr vollkommener oktaëdrischer Spaltbarkeit, an denen auch klein $\{100\}$ vorkommt.

Von Przibylla[3]) wurde eine Anzahl Tripelsalze, z. B. von Kupfer, Strontium und Kalium, dargestellt, welche mehr oder weniger große Abweichungen ihrer Zusammensetzung von der Formel $(NO_2)_6SrCuK_2$ usw. zeigten; da dieselben nach Rinnes mikroskopischer Untersuchung teils kubisch, teils pseudokubisch krystallisieren, so nimmt Przibylla an, daß es sich um isomorphe Mischungen der drei Nitrite handelt. Diese jedenfalls anders zu erklärenden Körper bedürfen noch weiterer Untersuchung. Wahrscheinlich sind sie zum Teil isomorph und analog zusammengesetzt mit den schwer löslichen, in mikroskopischen Würfeln krystallisierenden Bleisalzen: $(NO_2)_6PbNiK_2$, $(NO_2)_6PbCuK_2$ und $(NO_2)_6PbCuCs_2$, welche in der mikrochemischen Analyse zum Nachweise von Nickel bzw. Kupfer und Blei dienen[4]).

### Salze mit dem Verhältnisse $NO_2M:(NO_2)_2R = 3:1$.

Nur von zwei derartigen Verbindungen liegen krystallographische Bestimmungen vor. Die eine ist ein **Kaliumcuprinitrit**, welches wahrschein-

1) J. Lang, K. Sv. Vet. Akad. Handl. 1856—60, Stockholm 1862, (N. F. 3, I, 1 f. Ausz. mit eigenen Zusätzen von Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1863, **118**, 294.

2) Topsøe, Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien 1876, **73** II), 113.

3) Przibylla, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1898, **18**, 448.

4) Behrens, Anl. z. mikrochem. Analyse. Hamburg u. Leipzig 1895, 51, 74 u. 75.

lich die Zusammensetzung $(NO_2)_5CuK_3$ hat, aber nicht vollständig analysiert worden ist; es krystallisiert rhombisch. Die andere ist das ebenfalls rhombische **Kaliummercuripentanitrit-Monohydrat** $= (NO_2)_5HgK_3.H_2O$, für welches zuerst eine andere Formel angenommen wurde, dessen chemische Zusammensetzung später jedoch unzweifelhaft festgestellt worden ist. Auch hier fehlt es an Material zur Vergleichung mit entsprechend zusammengesetzten Halogenosalzen.

### Salze mit dem Verhältnisse $NO_2M:(NO_2)_2R = 2:1$.

Diese Gruppe umfaßt die größte Anzahl krystallographisch untersuchter Nitrite, denen sich ferner noch eine Reihe von Verbindungen anschließen, in welchen ein Teil der Nitritogruppen durch Halogenatome ersetzt ist (Platochloro-, bromo- und jodonitrite).

**Kaliumcadmiumnitrit** $= (NO_2)_4CdK_2$ krystallisiert rhombisch und zeigt einen ausgesprochen pseudohexagonalen Charakter seiner Krystallstructur. Das Gleiche gilt für das **Kaliumbaryumnitrit** $= (NO_2)_4BaK_2$, dessen krystallographische Elemente jedoch nur unvollständig bestimmt werden konnten, so daß ein näherer Vergleich nicht möglich ist. Eine Beziehung der Cadmiumverbindung zu den entsprechend zusammengesetzten Halogenosalzen läßt sich darin erkennen, daß das Kaliumtetrachlorozinkat $= Cl_4ZnK_2$ (mit welchem das nicht gemessene Salz $Cl_4CdK_2$ unzweifelhaft isomorph ist) ebenfalls rhombisch pseudohexagonal krystallisiert und seine Formen durch die Wahl von $q$ und $n$ (s. **1**, 342) als $\{110\}$ und $\{011\}$ sich sogar auf sehr ähnliche Axenverhältnisse zurückführen lassen; leider sind die Cohäsionsverhältnisse, welche zur Vergleichung unbedingt nötig wären, nicht bekannt. Vollständiger sind, dank den Untersuchungen Topsøes, die Doppelnitrite des zweiwertigen Platins mit den Alkalien bekannt: **Kalium- und Rubidiumplatonitrit** $= (NO_2)_4PtK_2$ und $(NO_2)_4PtRb_2$ krystallisieren monoklin und sind vollkommen isomorph; dagegen ist die Krystallstructur des ebenfalls monoklinen **Cäsiumplatonitrit** $= (NO_2)_4PtCs_2$ eine ganz andere, wenn sich auch einige Ähnlichkeiten der Winkelwerte mit solchen der vorhergehenden Salze zeigen; gleichfalls monoklin, aber wiederum verschieden, krystallisiert **Thalloplatonitrit** $= (NO_2)_4PtTl_2$; es wäre wichtig, Versuche zur Darstellung von Mischkrystallen dieser, offenbar trimorphen Salze anzustellen. **Kaliumpalladiodichloronitrit** $= (NO_2)_2Cl_2PdK_2$, **Kaliumpalladiodibromonitrit** $= (NO_2)Br_2PdK_2$ und **Kaliumplatodichloronitrit** $= (NO_2)_2Cl_2PtK_2$ bilden vollkommen isomorphe monokline Krystalle, welche insofern einige Ähnlichkeiten mit denen des Kaliumplatonitrites darbieten, als die vorherrschende prismatische Zone bei beiden sich einer hexagonalen nähert und die Endflächen $qq$ der Halogenverbindungen einen ähnlichen Winkel mit einander bilden, wie die Endflächen $xx$ von $(NO_2)_4PtK_2$; wenn man aber auch die Stellung des letzteren Salzes entsprechend ändern würde, blieben doch so große Differenzen der krystallographischen Elemente übrig, daß von einer isomorphen Vertretung der Nitritogruppe durch Chlor nicht die Rede sein kann; dem

entsprechend hört auch jede Ähnlichkeit auf, sobald alle vier Nitritogruppen durch Chlor ersetzt sind, denn $Cl_4PtK_2$ krystallisiert tetragonal (s. 1, 351). **Silberpalladionitrit** = $(NO_2)_4PdAg_2$ und **Silberplatonitrit** = $(NO_2)_4PtAg_2$ krystallisieren beide monoklin, besitzen aber ganz verschiedene Krystallstructur, so daß jedenfalls hier ein Fall von Dimorphie bzw. Isodimorphie vorliegt. Das erste dieser beiden Salze zeigt, worauf schon Topsøe[2]) (l. c. 121) aufmerksam machte, eine Ähnlichkeit der Krystallform mit Kaliumplatonitrit, welche besonders hervortritt, wenn man die Stellung der Krystalle des letzteren in der vorher angegebenen Weise ändert. Ob alle diese Beziehungen jedoch gesetzmäßige sind, können erst weitere, namentlich mit der Darstellung von Mischkrystallen verbundene Untersuchungen dieser Gruppe von Salzen lehren. Die weitere Vergleichung, welche Topsøe l. c. auch mit dem Kaliumquecksilbernitrit anstellte, wird dadurch hinfällig, daß für dieses sich später eine andere Zusammensetzung ergeben hat (s. S. 32).

Als wasserfreies **Natriumplatonitrit** = $(NO_2)_4PtNa_2$ beschreibt Topsøe[5]) Krystalle, welche er von Nilson erhalten hatte und die an der Luft außerordentlich schnell verwitterten; Nilson[6]) selbst führte eine Analyse des wasserfreien Salzes aus, giebt aber an, daß dasselbe in farblosen luftbeständigen Prismen krystallisiere. Hiernach sind die von Topsøe gemessenen Krystalle wahrscheinlich die eines Hydrates, dessen Zusammensetzung jedoch nicht bekannt ist.

Von den Verbindungen der Doppelnitrite mit einem Mol. Wasser ist nur eine krystallographisch untersucht worden, das rhombische **Kaliumbleinitrit-Monohydrat** = $(NO_2)_4PbK_2 . H_2O$; übrigens erhielt Fock[7]) bei der Analyse, allerdings nicht meßbarer Krystalle, dieses Salzes einen geringeren Wassergehalt und hält daher die Formel desselben nicht für sicher festgestellt. Außerdem ist noch eine halogenhaltige Verbindung gemessen worden, das trikline **Kaliumplatodibromonitrit-Monohydrat** = $(NO_2)_2Br_2PtK_2 . H_2O$, dessen pseudotetragonale Formen keine nähere Beziehung zu den eher pseudohexagonalen der Bleiverbindung zeigen.

Zwei Moleküle Wasser enthalten die folgenden Salze: **Kaliumpalladionitrit-Dihydrat** = $(NO_2)_4PdK_2 . 2H_2O$ und **Kaliumplatonitrit-Dihydrat** = $(NO_2)_4PtK_2 . 2H_2O$, beide triklin und vollkommen isomorph; dagegen krystallisiert **Rubidiumplatonitrit-Dihydrat** = $(NO_2)_4PtRb_2 . 2H_2O$ monoklin und entspricht wohl einer zweiten heteromorphen Modification des Kaliumsalzes, während **Ammoniumplatonitrit-Dihydrat** = $(NO_2)_4Pt(NH_4)_2 . 2H_2O$ zwar rhombisch krystallisiert, aber eine so nahe Übereinstimmung aller Winkel mit dem Rubidiumsalze zeigt (*b, m, c, q, o* des einen entsprechen bzw. *a, m, c, r, x* des anderen), daß man wohl annehmen muß, seine Krystalle seien pseudorhombische, lamellare Zwillingsaggregate nach *b*{010} (ent-

5) Topsøe, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 478 (dänisch: Overs. K. D. Vid. Selsk. Forh. 1879).

6) Nilson, Ber. d. d. chem. Ges. 1876, 9, 1724.

7) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1890, 17, 177.

sprechend $a\{100\}$ am Rubidiumsalze); dafür sprechen auch die Cohäsionsverhältnisse. Es liegt also hier eine Salzgruppe vor, in welcher wahrscheinlich gleichzeitig die Erscheinungen der Polysymmetrie und der Polymorphie auftreten, daher es von besonderem Interesse wäre, die gegenseitigen Beziehungen dieser Salze durch Untersuchung von Mischkrystallen näher zu studieren. Ähnliche Verhältnisse scheinen auch bei den entsprechend zusammengesetzten Halogenonitriten obzuwalten: **Kaliumplatodijodonitrit-Dihydrat** $= (NO_2)_2J_2PtK_2.2H_2O$ krystallisiert tetragonal mit einer dem Rhombendodekaëder sehr ähnlichen Form; **Rubidiumplatodijodonitrit-Dihydrat** $= (NO_2)_2J_2PtRb_2.2H_2O$ ist triklin, zeigt aber eine auffallende Ähnlichkeit der Winkel mit dem Kaliumsalze, und das Gleiche gilt für das monokline **Cäsiumplatodijodonitrit-Dihydrat** $= (NO_2)_2J_2PtCs_2.2H_2O$, an dessen Krystallen die pseudo- rhombendodekaëdrische Form noch deutlicher hervortritt [8]).

Eine isoliert dastehende Verbindung mit 3 Mol. $H_2O$ ist das rhombisch krystallisierte **Lithiumplatonitrit-Trihydrat** $= (NO_2)_4PtLi_2.3H_2O$.

Den höchsten Wassergehalt unter den hierher gehörigen Salzen hat das **Natriumplatodijodonitrit-Tetrahydrat** $= (NO_2)_2J_2PtNa_2.4H_2O$, welches triklin krystallisiert.

### Salze mit dem Verhältnisse $NO_2M:(NO_2)_2R = 1:1$.

Das zuerst von Hampe, dann von Fock [7]) dargestellte **Kaliumcadmiumnitrit** $= (NO_2)_3CdK$ krystallisiert nach Letzterem (l. c. 185) kubisch in einfachen Hexaëdern; ein von Rekstad im mineralog. Institute in München untersuchtes Präparat von Kohlschütter zeigte dieselbe Form, deutliche Spaltbarkeit nach $\{100\}$ und zuweilen anomale Doppelbrechung mit diagonaler Auslöschung zu den Würfelkanten.

Außer diesem wasserfreien Salze ist nur noch ein wasserhaltiges krystallographisch untersucht worden, das rhombische **Kaliumcalciumnitrit-Trihydrat** $= (NO_2)_3CaK.3H_2O$.

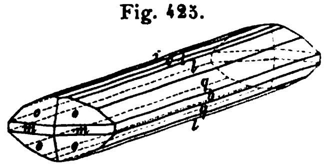
### Kaliumcuprinitrit = $(NO_2)_4CuK_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}4992:1:0{,}8704$ Fock [7]).

Dargestellt von Fock (l. c. 189), welcher jedoch wegen Mangel an Material nur eine Kupferbestimmung ausführen konnte. Die Krystalle sind gestreifte, meist zu Bündeln verwachsene Prismen (Fig. 425): $q\{011\}$, $l\{012\}$, $i\{014\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, selten mit Endflächen: $o\{111\}$ und (nur einmal beobachtet) $m\{110\}$.

Fig. 425.



8) Groth, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 501.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | — | *46°50′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ = | — | *74 30 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ = | 53° 4′ | 53 14 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ = | 82 4 | 81 55 |
| $l:l = (012):(0\bar{1}2)$ = | 47 2 | 47 13 |
| $i:i = (014):(0\bar{1}4)$ = | 24 39 | 24 26 |
| $l':o = (0\bar{1}2):(111)$ = | 74 56 | 75 0 |
| $l:o = (012):(111)$ = | 54 45 | 54 49 |
| $q':o = (0\bar{1}1):(111)$ = | 94 47 | 94 30 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | 54 20 | — |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.
Schwarz, in dünnen Schichten grün durchsichtig.

### Kaliummercuripentanitrit-Monohydrat = $(NO_2)_5HgK_3.H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,8671:1:0,7646 \text{ Topsøe}^{2)}.$$

Zuerst von J. Lang[1]) dargestellt, dessen Analysen auf die Formel $(NO_2)_4HgK_2$ führten; die von ihm erhaltenen Krystalle wurden von H. Topsøe[2]) (l. c. 115) gemessen. Weitere krystallographische Angaben machte Fock[7]) (l. c. 187), welcher das Salz selbst darstellte, aber nicht analysierte. Die Zusammensetzung desselben wurde erst von A. Rosenheim und K. Oppenheim[9]) festgestellt, deren Krystalle von A. Sachs[10]) krystallographisch untersucht wurden. Ein Präparat der letztgenannten Autoren, sowie ein sehr schön krystallisiertes, welches P. Kohlschütter in München dargestellt und dessen Analyse zu derselben Formel, wie die von Rosenheim und Oppenheim, geführt hatten, wurde endlich in min. Institut München durch J. Rekstad (aus Christiania) untersucht und mit allen vorhergehenden identisch gefunden.

Beob. Formen: *a*{100}, *b*{010}, *q*{011}, *r*{101}, *n*{120}, *c*{001}, *x*{121}, *o*{111}, *s*{201}, *t*{031}, zweifelhaft *m*{110}, *y*{211}, *l*{140}. Topsøe beschreibt die Combinationen *qra* mit oder ohne *b* (Fig. 426) und *aqbnrx* (Fig. 427),

Fig. 426.

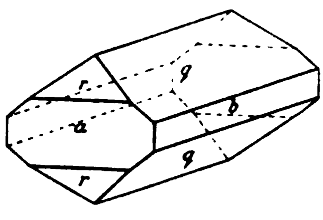
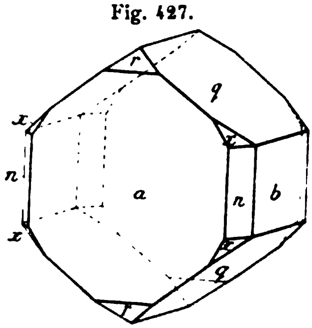



Fig. 427.




gibt aber auch *c*, *m*? und *y*? als an der letzteren beobachtet an. Fock beobachtete die Comb. *barnoq* (Fig. 428) und außerdem *c* und *x*, Sachs die einfache Form *abcrq* (Fig. 429), Rekstad endlich an Rosenheims Präparat (I) die Comb. *abqrncxo* und an derjenigen Kohlschütters (II) die

9) A. Rosenheim u. K. Oppenheim, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1901, 28, 171.
10) A. Sachs, Zeitschr. f. Krystall. 1901, 34, 164.

ganz ähnlich ausgebildete *abqrnscx* (Fig. 430), sowie nach *a* dünntafelige Krystalle, verlängert nach Axe *b* und begrenzt durch *r* und ein unvollkommenes Prisma {140}?.

Fig. 428.

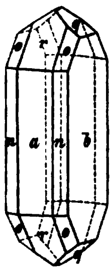


Fig. 429.

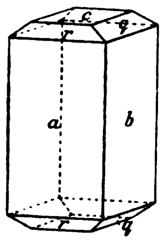
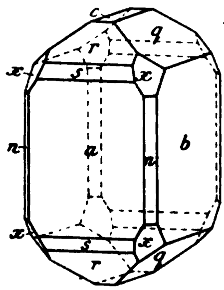


Fig. 430.



| | Berechnet: | Beobachtet: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Topsøe: | Fock: | Sachs: | Rekstad (I): | Rekstad (II): |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *52° 36′ | 52° 35′ | 52° 50′ | 52° 30′ | 52° 37′ |
| $q:r = (011):(101) =$ | — | *53 25 | 53 13 | 53 10 | — | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 48° 36½′ | 48 33 | 48 39 | 48 35 | 48 43 | 48 41 |
| $n:b = (120):(010) =$ | 29 57 | 30 1 | 29 54 | — | 29 50 | 30 48 appr. |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 81 52 | — | — | — | — | — |
| $l:b = (140):(010) =$ | 16 5 | — | — | — | — | 13°—14°(?) |
| $x:n = (121):(120) =$ | 29 32 | 29 34 | 29 34 | — | — | — |
| $x:a = (121):(100) =$ | 64 15 | 64 12 | 64 13 | — | — | — |
| $x:b = (121):(010) =$ | 41 4½ | 41 13 | 41 1 | — | 41 6½ | — |
| $x:q = (121):(011) =$ | 31 50½ | 31 42 | 31 56 | — | — | 28° circa |
| $o:q = (111):(011) =$ | 35 0 | — | 35 3 | — | — | 35° » |
| $o:b = (111):(010) =$ | 60 10 | — | 60 2 | — | 60 32 appr. | — |
| $s:a = (201):(100) =$ | 29 33 | — | — | — | — | 31° circa |
| $n:q = (120):(011) =$ | 58 15 | 58 39 | 58 14 | — | — | — |
| $n:r = (120):(101) =$ | 70 43 | 70 48 | 70 44 | — | — | — |
| $t:b = (031):(010) =$ | 23 33 | — | 23 32 | — | — | — |
| $t:n = (031):(120) =$ | 37 22 | — | 37 34 | — | — | — |
| $s:n = (111):(120) =$ | 44 10 | — | 43 58 | — | — | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv, ziemlich schwach. Axenebene *c*{001}; 1. Mittell. Axe *a*; $2H = 92°40'$ *Li*, $92°20'$ *Na*, $91°30'$ *Tl* (in Cedernholzöl, $n = 1{,}498$—$1{,}505$) Sachs. Nach Fock ist *b* 1. Mittell. und $2H = 80'$ *Na* für Glas des Adams-Fuess-Apparates, Dispersion $\varrho > v$. Dieser Widerspruch erklärt sich daraus, daß der wahre Axenwinkel sehr nahe 90° ist, denn die Krystalle zeigen durch {100} und durch {010} gesehen ein ganz übereinstimmendes Bild, welches der Mittellinie eines sehr großen Axenwinkels entspricht (Groth).

## Kaliumcadmiumnitrit = $(NO_2)_4CdK_2$.

Zuerst dargestellt von J. Lang[1]) und gemessen von H. Topsøe[2]) (l. c. 113). Später nochmals untersucht von Fock[7]) (l. c. 186) und von Kohlschütter (Privatmitt.), dessen Präparat von Rekstad im min. Institut München krystallographisch untersucht wurde.

Rhombisch bipyramidal.

$$a : b : c = 0{,}5369 : 1 : 1{,}9237 \text{ Fock}^{7)}.$$

Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $q\{011\}$, $l\{012\}$, $c\{001\}$, $r\{102\}$, $o\{112\}$, $x\{113\}$, $y\{116\}$, $s\{101\}$, $t\{150\}$.

Topsøe beobachtete die Comb. *mb* als scheinbare hexagonale Prismen (Fig. 432), am Ende *q*, oder vierseitige Tafeln *bmq* (Fig. 433), ferner sehr schmal *n* und selten *l*. Nach Fock zeigen die schwach gelblich gefärbten Krystalle in der Regel prismatischen, einzelne Individuen einen vollkommen hexagonalen Habitus, indem durch Combination von *o* und *q* eine hexagonale Bipyramide gebildet wird (Fig. 431); doch ist *b* meistens von größerer Ausdehnung als *m*; *n* tritt für gewöhnlich nicht auf. Von den Endflächen ist *q* vielfach allein ausgebildet (Fig. 432), während die Formen *o*, *r*, *l*, *c* nur untergeordnet auftreten (das Symbol von *r* gibt Fock irrtümlich als $\{101\}$ an, die Winkel sind aber richtig berechnet für $\{102\}$). Rekstad beobachtete die Comb. *mb* (wie Fig. 431, jedoch ohne deutliche Endflächen); meist aber waren die Krystalle tafelförmig nach *b*, wie Fig. 433, mit untergeordneten und unvollkommenen Flächen von *l*, *r*, *s* (nur durch Zonen bestimmt), *t*, *x* und *y*.

Fig. 431.

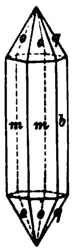
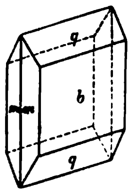


Fig. 432.



Fig. 433.



| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Topsøe: | Rekstad: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *56° 28′ | 56° 31′ | 56° 24′ |
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *54 56 | 54 50 | 54 54 |
| $n:b = (120):(010) =$ | 42° 58′ | 42 55 | 43 10 | — |
| $l:b = (012):(010) =$ | 46 7 | 46 3 | 45 50 | 46 19 |
| $o:o_{,} = (112):(11\bar{2}) =$ | 52 23 | 52 28 | — | — |
| $o:o = (112):(1\bar{1}2) =$ | 50 14 | 50 12 | — | — |
| $o:l = (112):(012) =$ | 52 14 | 52 10 | — | — |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | 121 39 | 121 42 | — | 121 48 |
| $s:s = (101):(\bar{1}01) =$ | 148 52 | — | — | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 65 11 | 65 11 | 65 11 | — |
| $q:n = (011):(120) =$ | 49 30 | 49 26 | 49 47 | — |
| $l:m = (012):(110) =$ | 70 51 | — | — | — |
| $l:n = (012):(120) =$ | 59 31 | 59 33 | — | — |
| $r:m = (102):(110) =$ | 39 43 | 39 37 | — | — |
| $r:n = (102):(120) =$ | 53 29 | 53 38 | — | — |
| $x:m = (113):(110) =$ | 36 22 | — | — | 36 1 appr. |
| $y:m = (116):(110) =$ | 55 50 | — | — | 55 41 » |
| $t:b = (150):(010) =$ | 20 27 | — | — | 19 36 » |
| $(111):(1\bar{1}1) =$ | 54 42 | — | — | — |
| $(111):(001) =$ | 76 13 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ deutlich (Fock, Rekstad).

Doppelbr. +, zieml. schwach. Axenebene $\{100\}$, *c* 1. Mittell.; $2E =$ c. 80°. Mit einem natürlichen Prisma $(110):(010)$ wurde gemessen: $\beta = 1{,}565$, $\gamma = 1{,}608$ *Na* (Rekstad).

## Kaliumbaryumnitrit = $(NO_2)_4BaK_2$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}5832:1:?$ Fock[7]).

Dargestellt von Fock (l. c. 182), welcher das von Lang[1]) dargestellte Hydrat $(NO_2)_4BaK_2 . H_2O$ nicht erhalten konnte. Die beim langsamen Verdunsten der wässerigen Lösung entstehenden großen, glänzenden Krystalle sind pseudo-

hexagonale Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$, combiniert mit $c\{001\}$ und Andeutungen gestreifter und gerundeter Flächen von $\{0kl\}$; stets Zwillinge und Drillinge nach $m\{110\}$.

$$m : m = (110) : (1\bar{1}0) = 60^\circ 30' \text{ beob.}$$

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich.

Ebene der opt. Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2E = 40^\circ$ circa, Dispersion $v > \varrho$.

### Kaliumplatonitrit = $(NO_2)_4PtK_2$.

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 0{,}6058 : 1 : 0{,}7186; \quad \beta = 96^\circ 12\tfrac{1}{2}' \text{ Topsøe}^{2)}.$$

Die von Topsøe (l. c. 117) untersuchten Krystalle waren von Lang dargestellt, sind aber in Dessen Arbeit[1]) nicht erwähnt; kleine farblose Nadeln $m\{110\}$ mit den Endflächen $x\{11\bar{2}\}$, manchmal noch untergeordnet $b\{010\}$, $q\{011\}$ und $c\{001\}$; häufig Zwillinge nach $c\{001\}$. In einem später von Nilson[6]) (l. c. 1723) erhaltenen, sehr reinen Präparate fand Topsøe[5]) (l. c. 470) sehr häufig Krystalle, deren Endflächen ausschließlich von $q\{011\}$ gebildet wurden.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *62° 7' |
| $x' : c = (\bar{1}12) : (001) =$ | — | *36 23 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 84° 41' | 84 51 |
| $q : c = (011) : (001) =$ | 35 32½ | 35 38 |
| $,x : m = (1\bar{1}\bar{2}) : (110) =$ | — | *78 32 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 68 32 | 68 15 |
| $x : b = (11\bar{2}) : (010) =$ | 72 6 | 72 3 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

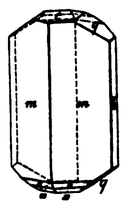
### Rubidiumplatonitrit = $(NO_2)_4PtRb_2$.

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 0{,}6142 : 1 : 0{,}7103; \quad \beta = 95^\circ 1' \text{ Topsøe}^{5)}.$$

Nilson[6]) erhielt das Salz bei 60°—70° aus der mit überschüssigem Rubidiumchlorid versetzten Lösung in kleinen Nadeln, nach Topsøe (l. c. 471) $m\{110\}$, bisweilen mit $b\{010\}$, am Ende $c\{001\}$, $q\{011\}$, selten auch $o\{11\bar{1}\}$ und $x\{11\bar{2}\}$ (Fig. 434).

Fig. 434.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *62° 55' |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *85 43 |
| $o' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 56° 23' | 56 12 |
| $x : m = (11\bar{2}) : (110) =$ | 58 50 | 57 0 circa |
| $q : c = (011) : (001) =$ | — | *35 17 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 68 45 | 68 30 |
| $q : m' = (011) : (\bar{1}10) =$ | 76 5 | 75 48 |
| $o' : q = (\bar{1}11) : (011) =$ | 45 17 | — |
| $o : o = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 51 41 | — |
| $x : {}'m = (11\bar{2}) : (1\bar{1}0) =$ | 78 25 | 81 0 circa |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

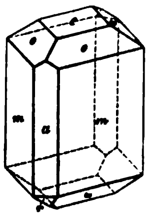
### Cäsiumplatonitrit = $(NO_2)_4PtCs_2$.

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 1{,}6122 : 1 : 0{,}6291; \quad \beta = 99^\circ 50' \text{ Topsøe}^{5)}.$$

Dargestellt von Nilson[6]), gemessen von Topsøe (l. c. 474). Zu größeren Prismen zusammengehäufte Nadeln der Combination (Fig. 435): $m\{110\}$, $a\{100\}$ (schmal, fehlt oft), $c\{001\}$, $o\{111\}$ und (nicht immer vorhanden) $\omega\{11\bar{1}\}$; einmal eine kleine Fläche von $r\{20\bar{1}\}$ beobachtet.

Fig. 435.



| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:m$ | $=(110):(1\bar{1}0)=$ | — | *64° 23′ |
| $a:c$ | $=(100):(001)=$ | 80° 10½′ | 79 55 |
| $r:a$ | $=(20\bar{1}):(100)=$ | 58 15 | 58 30 circa |
| $m:c$ | $=(110):(001)=$ | 84 47 | 84 38 |
| $o:m$ | $=(111):(110)=$ | — | *50 25 |
| $\omega:m$ | $=(11\bar{1}):(110)=$ | 57 13 | 57 0 circa |
| $o:m'$ | $=(111):(\bar{1}10)=$ | 79 56 | 80 7 |
| $o:o$ | $=(111):(1\bar{1}1)=$ | — | *57 20 |
| $\omega:\omega$ | $=(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})=$ | 63 5 | — |
| $o:a$ | $=(111):(100)=$ | 64 16½ | 64 12 |
| $\omega:a$ | $=(11\bar{1}):(100)=$ | 79 19 | 80 0 circa |

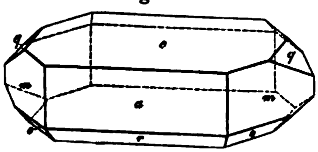
Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ sehr vollkommen.

## Thalloplatonitrit = $(NO_2)_4PtTl_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}2309:1:0{,}9034$; $\beta = 105°30'$ Topsøe[5]).

Fig. 436.



Die von Nilson[6]) durch langsames Verdampfen der Lösung bei 60°—70° erhaltenen kleinen Krystalle sind nach Topsøe (l. c. 476) parallel der $b$-Axe nadelförmige Combinationen (Fig. 436) von $a\{100\}$, $c\{001\}$ mit oder ohne $r\{20\bar{1}\}$, an den Enden $m\{110\}$, $q\{011\}$ und (bisweilen fehlend) $o\{11\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:c$ | $=(100):(001)=$ | — | *74° 30′ |
| $r':c$ | $=(\bar{2}01):(001)=$ | — | *66 45 |
| $m:a$ | $=(110):(100)=$ | — | *49 52 |
| $r:m$ | $=(20\bar{1}):(110)=$ | 59° 49′ | 59 37 |
| $o':m$ | $=(\bar{1}11):(110)=$ | 74 40½ | 75 10 circa |
| $m:c$ | $=(110):(001)=$ | 80 5 | 80 8 |
| $o:m$ | $=(11\bar{1}):(110)=$ | 45 32½ | 45 49 |
| $o:o$ | $=(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})=$ | 78 14 | — |
| $o:a$ | $=(11\bar{1}):(100)=$ | 70 14 | — |
| $q:a$ | $=(011):(100)=$ | 78 22 | 78 40 |
| $q:c$ | $=(011):(001)=$ | 41 2½ | 40 41½ |
| $q:m$ | $=(011):(110)=$ | 50 48½ | 49 59 |
| $q:m'$ | $=(011):(\bar{1}10)=$ | 68 9 | 68 33 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Kaliumpalladiodichloronitrit = $(NO_2)_2Cl_2PdK_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}5504:1:0{,}3017$; $\beta = 103°28\frac{1}{2}'$ Dufet[11]).

11) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1892, 15, 206. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 23, 492.

Dargestellt von Vèzes[12]). Kleine orangegelbe Prismen $m\{110\}$, oft mit schmalen $b\{010\}$, an dem Ende nur $q\{011\}$. Häufig Zwillinge nach $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *56° 19′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *32 42 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 70° 44′ | 70 45 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *93 41 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

In $b\{010\}$ bildet eine Schwingungsrichtung 8° mit $c$ im spitzen Winkel $\beta$; diese Schwingungen gelb, die dazu senkrechten orange.

### Kaliumpalladiodibromonitrit = $(NO_2)_2Br_2PdK_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,5520:1:0,3036$; $\beta = 103°3'$ Dufet[13]).

Das von Vèzes und Loiseleur[14]) dargestellte Salz bildet kleine, gelblichrote, unvollkommene Krystalle mit den Formen des vorigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *56° 32′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *32 57 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 71° 2′ | 71 1 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *93 14 |

### Kaliumplatodichloronitrit = $(NO_2)_2Cl_2PtK_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,5538:1:0,3074$; $\beta = 103°51'$ Dufet[11]).

Die von Vèzes[12]) dargestellten gelben Krystalle sind nach Dufet (l. c. 207) dünne gelbe Nadeln $m\{110\}$, $b\{010\}$, selten mit Endflächen $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *56° 32′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *33 14 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 70° 10′ | 70 17 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *93 49 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Auslöschungsschiefe in $b\{010\}$ 4° zur Verticalaxe im stumpfen Winkel $\beta$. Pleochroïsmus nicht merklich.

### Silberpalladionitrit = $(NO_2)_4PdAg_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6463:1:0,3051$; $\beta = 99°2\frac{1}{2}'$ Topsøe[2]).

Die von Lang[1]) dargestellten Krystalle sind nach Topsøe (l. c. 120) braungelbe, diamantglänzende, sechsseitige Nadeln $m\{110\}$, $b\{010\}$ mit den Endflächen $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *65° 6′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 33° 32′ | 33 36 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *73 37 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *88 22 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

12) Vèzes, Compt. rend. 1892, **115**, 111.
13) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1902, **25**, 187. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **39**, 313.
14) Vèzes u. Loiseleur, Soc. sc. phys. nat. Bordeaux, Mars 1900.

### Silberplatonitrit = $(NO_2)_4PtAg_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9660:1:0{,}6091$; $\beta = 98^\circ 0\frac{1}{2}'$ Topsøe[2]).

Dargestellt von Lang[1]) und gemessen von Topsøe (l. c. 118, s. auch[5]) 477). Kleine gelbliche vierseitige Nadeln $m\{110\}$, sehr schmal $n\{210\}$, mit den Endflächen $\omega\{11\bar{1}\}$, bisweilen auch $o\{111\}$ ebenso groß ausgebildet; einmal wurde $i\{12\bar{1}\}$ beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *87° 22′ |
| $n:m = (210):(110) =$ | 18° 10′ | 17 52 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *50 45 |
| $i:\omega = (12\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 18 6½ | 18 11 |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110) =$ | — | *57 45 |
| $o:m = (111):(110) =$ | 50 7½ | 50 22 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 45 46 | 45 28 |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 50 11½ | 49 26 |
| $\omega':m = (\bar{1}11):(110) =$ | 86 38 | 86 17½ |
| $o:m' = (111):(\bar{1}10) =$ | 95 56 | 95 43 |
| $\omega:n = (11\bar{1}):(210) =$ | 61 14 | 60 49 |
| $o:n = (111):(210) =$ | 50 45½ | 50 59 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.

### Natriumplatonitrit = $(NO_2)_4PtNa_2 \cdot xH_2O$?

Rhombisch (oder monoklin?).

$a:b:c = 1{,}444:1:0{,}664$ Topsøe[5]).

Die von Nilson erhaltenen Krystalle sind nach Topsøe sechsseitige Prismen $m\{110\}$, $a\{100\}$, am Ende $r\{101\}$; sie wurden an der Luft sofort trübe weiß und matt; durch Umkrystallisieren erhielt Topsøe Krystalle, welche nach $a\{100\}$ tafelförmig waren, aber $r\{101\}$ nur mit einem Paare paralleler Flächen zeigten, daher das Krystallsystem auch monoklin sein kann. Die letzteren Krystalle wurden in einer künstlich mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre gemessen und ergaben:

$m:a = (110):(100) = 55^\circ 18'$, $r:a = (101):(100) = 65^\circ 19'$,
$r:m = (101):(110) = 76^\circ 15'$.

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ sehr vollkommen.

### Kaliumbleinitrit-Monohydrat = $(NO_2)_4PbK_2 \cdot H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5117:1:0{,}4519$ Topsøe[2]).

Dargestellt von Lang[1]), gemessen von Topsøe (l. c. 124). Rotgelbe sechsseitige Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$ mit $c\{001\}$, untergeordnet $q\{011\}$, $o\{221\}$, selten $s\{012\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *54° 12′ |
| $o:m = (221):(110) =$ | — | *26 45 |
| $o:o = (221):(2\bar{2}1) =$ | 48° 0′ | 48 1 |
| $o:o' = (221):(\bar{2}21) =$ | 105 18 | — |
| $q:b = (011):(010) =$ | 65 41 | 65 43 |
| $s:b = (012):(010) =$ | 77 16 | 77 27 |
| $q:o = (011):(221) =$ | 54 43 | 54 13 |
| $s:o = (012):(221) =$ | 58 5 | 58 7 |

Spaltbar nach $b\{010\}$ sehr vollkommen.

**Kaliumplatodibromonitrit-Monohydrat = $(NO_2)_2Br_2PtK_2 . H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}9920:1:1{,}3170$ Dufet[11]).

$\alpha = 90°58'$, $\beta = 91°42\frac{1}{2}'$, $\gamma = 91°7'$.

$A = 91°0'$, $B = 91°43\frac{1}{2}'$, $C = 91°9'$.

Dargestellt von Vèzes[15]). Dufet (l. c. 208) beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\varkappa\{0\bar{2}1\}$, $q\{011\}$ vorherrschend, außerdem $t\{506\}$, $u\{401\}$, $e\{045\}$, $f\{054\}$, $g\{043\}$, sowie eine Reihe anderer Formen, deren Zeichen jedoch nicht mit Sicherheit bestimmt werden konnten; fast immer Zwillinge nach $\{001\}$; meist sind die Krystalle tafelig nach dieser Fläche, manchmal herrscht $\{20\bar{1}\}$ vor.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $c:\sigma'$ | $= (001):(\bar{2}01) =$ | — | *70° 53' |
| $r:\sigma$ | $= (101):(20\bar{1}) =$ | — | *57 12 |
| $c:u$ | $= (001):(401) =$ | 77° 40' | 77 44 |
| $c:t$ | $= (001):(506) =$ | 46 57 | 47 5 |
| $c:q$ | $= (001):(011) =$ | — | *52 9 |
| $c:\varkappa$ | $= (001):(0\bar{2}1) =$ | — | *70 5 |
| $c:e$ | $= (001):(045) =$ | 45 58 | 45 50 |
| $c:f$ | $= (001):(054) =$ | 57 36 | 57 32 |
| $c:g$ | $= (001):(043) =$ | 59 35 | 60 1 |
| $r:\varkappa$ | $= (101):(0\bar{2}1) =$ | — | *78 43 |
| $r:q$ | $= (101):(011) =$ | 66 56 | 67 0 |
| $q:\sigma'$ | $= (011):(\bar{2}01) =$ | 79 16 | 79 15 |
| $\sigma':\varkappa$ | $= (\bar{2}01):(0\bar{2}1) =$ | 82 36 | 82 47 |
| $\varkappa:u$ | $= (0\bar{2}1):(401) =$ | 86 52 | 86 45 |
| $q:u$ | $= (011):(401) =$ | 81 36 | 81 20 |
| $q:t$ | $= (011):(506) =$ | 64 31 | 64 34 |
| $\varkappa:t$ | $= (0\bar{2}1):(506) =$ | 77 20 | 77 40 |
| $\sigma:\underline{\sigma}$ | $= (20\bar{1}):(\underline{20\bar{1}}) =$ | 38 14 | 38 22 |
| $r:\underline{\sigma}$ | $= (101):(\underline{20\bar{1}}) =$ | 18 58 | 18 31 |
| $q:\underline{q}$ | $= (011):(\underline{0\bar{1}\bar{1}}) =$ | 75 42 | 75 50 |
| $\varkappa:\underline{\varkappa}$ | $= (0\bar{2}1):(\underline{0\bar{2}1}) =$ | 39 50 | 39 6 appr. |
| $r:\underline{q}$ | $= (101):(\underline{011}) =$ | 111 29 | 111 33 |
| $\sigma:\underline{q}$ | $= (20\bar{1}):(\underline{011}) =$ | 102 27 | 102 33 |

Farbe hellgelb. Doppelbrechung positiv, stark; eine der optischen Axen ist nahe senkrecht zu $c\{001\}$; die andere, durch $\sigma\{20\bar{1}\}$ sichtbar, bildet mit der Normalen zu dieser Fläche einen Winkel von 30°5'; Auslöschungsrichtung auf $\{20\bar{1}\}$ bildet mit der Kante $[00\bar{1}:20\bar{1}]$ einen Winkel von 33°.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Die spitze Bisectrix | bildet mit der Normal. zu $(001)$ oben einen Winkel von | 42° | 7' |
| | » » » » » $(20\bar{1})$ hinten » » » | 32 | 27 |
| » stumpfe » | » » » » » $(001)$ oben » » » | 47 | 54½ |
| | » » » » » $(20\bar{1})$ vorn » » » | 63 | 10 |
| » mittlere Axe | » » » » » $(001)$ oben » » » | 88 | 55 |
| | » » » » » $(20\bar{1})$ hinten » » » | 73 | 10 |

$2V = 72°21'$; die Axe $A$ (durch $\{001\}$ sichtbar) ist sehr wenig dispergiert mit $\varrho > v$, die andere Axe, sehr stark dispergiert (geneigte Dispersion), $\varrho < v$.

Für *Na*: $\alpha = 1{,}626$, $\beta = 1{,}6684$, $\gamma = 1{,}757$.

---

15) Vèzes, Compt. rend. 1891, **113**, 696.

**Kaliumpalladionitrit-Dihydrat = $(NO_2)_4PdK.2H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}7809:1:0{,}7111$ Dufet[16]).

$\alpha = 81°30\frac{1}{2}'$, $\beta = 107°29'$, $\gamma = 92°17'$.

$A = 80°21'$, $B = 108°3\frac{1}{2}'$, $C = 95°7\frac{1}{2}'$.

Das zuerst von Lang[17]) dargestellte Salz bildet nach Dufet hellgelbe, wenig verwitternde Krystalle mit den Formen: $b\{010\}$ vorherrschend, $\mu\{1\bar{1}0\}$ $m\{110\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, endlich $\varrho\{10\bar{1}\}$ sehr klein und oft fehlend.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *51°34' |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *54 29 |
| $\varkappa:b' = (0\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | — | *50 7 |
| $\varkappa:q = (0\bar{1}1):(011) =$ | — | *68 7 |
| $r:b = (101):(010) =$ | 94°11' | 94 9 |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101) =$ | 46 56½ | 46 49 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 46 4 | 46 1 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 55 10 | 55 17 |
| $r:\varkappa = (101):(0\bar{1}1) =$ | 47 5 | 47 3 |
| $\mu:\varkappa = (1\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | 55 31 | 55 26 |
| $\varkappa:\varrho' = (0\bar{1}1):(\bar{1}01) =$ | 54 1 | 54 7 |
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *59 28 |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | 61 28 | 61 30 |

Farbe hellgelb. Auslöschung in $b\{010\}$ unter 30° zu $c$ im stumpfen Winkel $\beta$; starke Dispersion der Hauptschwingungsrichtungen.

**Kaliumplatonitrit-Dihydrat = $(NO_2)_4PtK_2.2H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}7822:1:0{,}7112$ Dufet[13]).

$\alpha = 79°50'$, $\beta = 108°48'$, $\gamma = 94°56\frac{1}{2}'$.

$A = 80\ 55\frac{1}{2}$, $B = 108\ 15$, $C = 91\ 48$.

Beobachtete Formen: $b\{010\}$ vorherrschend, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $q\{011\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$. Wie das vor. Salz zuerst dargestellt von Lang[17]); gemessen von Dufet (l. c. 125, Ausz. 311).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *51°54' |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *54 12 |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *62 19 |
| $\varkappa:b' = (0\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | — | *49 50 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *59 15 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 59°13' | 59 12 |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | 61 32 | 61 32 |
| $\varkappa:\mu = (0\bar{1}1):(1\bar{1}0) =$ | 54 45 | 54 41 |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 71 6 | 71 14 appr. |
| $\varrho:\varkappa' = (10\bar{1}):(01\bar{1}) =$ | 54 9 | 54 8 |
| $q:r = (011):(101) =$ | 45 56 | 45 58 |
| $r:\mu = (101):(1\bar{1}0) =$ | 46 22 | 46 22 |

16) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1895, 18, 420. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 27, 632.

17) Lang, Journ. f. prakt. Chemie 1861, 83, 415.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $x:r = (0\bar{1}1):(101) =$ | 46° 31′ | 46° 30′ |
| $r:m = (101):(110) =$ | 55 16 | 55 17 |
| $r:b = (101):(010) =$ | 94 49½ | 94 45 |
| $\varrho:b = (10\bar{1}):(010) =$ | 80 24 | 80 22 |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | 83 33 | 83 35 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Durch $b\{010\}$ keine Axen sichtbar; eine Schwingungsrichtung unter 52° zu [001] im stumpfen Winkel $\beta$.

### Rubidiumplatonitrit-Dihydrat = $(NO_2)_4PtRb_2.2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,0109:1:1,7935; \quad \beta = 91°40'$ Topsøe[5]).

Die von Nilson[6]) dargestellten Krystalle sind nach Topsøe (l. c. 472) Combinationen des Prismas $m\{110\}$ mit dem oft vorwaltenden Pinakoide $a\{100\}$, ferner $c\{001\}$, $r\{10\bar{1}\}$ und zuweilen $x\{11\bar{2}\}$.

Fig. 487.

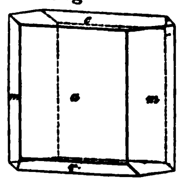
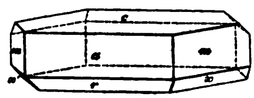


Fig. 488.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *63° 33′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *88 20 |
| $r':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *42 28 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 89° 15½′ | 89 12½ |
| $x':c = (\bar{1}12):(001) =$ | 45 25 | 45 3 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 73 5 | 73 2 |
| $r:x = (10\bar{1}):(11\bar{2}) =$ | 42 57 | 42 59 |
| $x:x = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2}) =$ | 79 14 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

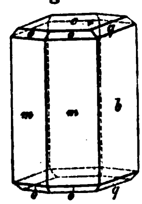
### Ammoniumplatonitrit-Dihydrat = $(NO_2)_4Pt(NH_4)_2.2H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,4910:1:0,9094$ Topsøe[5])

$(= 1:2,0367:1,8522)$.

Fig. 489.



Dargestellt von Nilson[6]), gemessen von Topsøe (l. c. 469). Gelbliche sechsseitige Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$, oder tafelförmig nach $b$, mit $c\{001\}$, untergeordnet $q\{011\}$ und $o\{112\}$, letzteres selten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *63° 51′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *42 17 |
| $o:c = (112):(001) =$ | 45° 54′ | 45 56 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 72 45 | 72 41 |
| $q:o = (011):(112) =$ | 43 18 | 44 0 circa |
| $o:o = (112):(1\bar{1}2) =$ | 36 54 | 35 52 » |
| $o:o' = (112):(\bar{1}12) =$ | 80 16 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ unvollkommen.

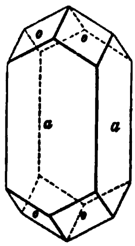
### Kaliumplatodijodonitrit-Dihydrat = $(NO_2)_2J_2PtK_2.2H_2O$.

Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:0,5891$ Dufet[11]).

Das Salz wurde dargestellt von Nilson[18]), gemessen von Calderon[19]) und später genauer von Dufet (l. c. 213). Calderon beobachtete die Combination (Fig. 440): $a\{100\}$, $o\{111\}$, Dufet außerdem noch $m\{110\}$.

Fig. 440.



| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Calderon: |
|---|---|---|---|
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *50° 12′ | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 63° 5½′ | 63 6 | 63° 1½′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 53 49 | 53 48 | 53 57 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen, $c\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ. Für *Na*: $\omega = 1{,}7909$, $\varepsilon = 1{,}6527$ (Dufet).

Farbe rotgelb; Schwingungen parallel der Hauptaxe hell grünlichgelb, senkrecht dazu orange.

### Rubidiumplatodijodonitrit-Dihydrat = $(NO_2)_2J_2PtRb_2.2H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}9418:1:0{,}5873 \text{ Calderon[19]).}$$

$$\alpha = 84°41', \quad \beta = 98°20', \quad \gamma = 87°24'.$$

Dargestellt von Nilson[18]), gemessen von Calderon (l. c. 494). Fig. 441 stellt sämtliche an diesem Körper beobachtete Formen, mit Ausnahme von $c\{001\}$, in einer idealen Combination vereinigt dar, es sind folgende: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $\omega\{111\}$, $o'\{\bar{1}11\}$, $\omega'\{1\bar{1}1\}$, $o\{\bar{1}\bar{1}1\}$; von diesen Formen war jedoch die letzte nicht meßbar und ist daher unsicher. Durch das Fehlen der

Fig. 441.

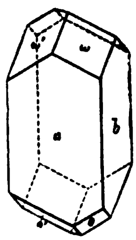


Fig. 442.

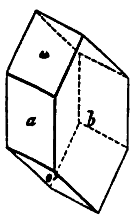


Fig. 443.

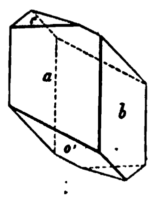
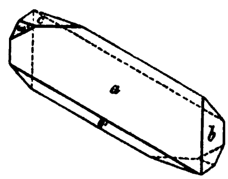


Fig. 444.



einen und anderen Gestalt ist der Habitus der Krystalle ein sehr wechselnder. Die gewöhnlichste Combination (Fig. 442) zeigt $a$, $b$, $\omega$ und $o'$ und ist meist nach $b$ tafelartig entwickelt; andere Ausbildungsweisen sind in Fig. 443, wo statt $\omega$ $c$ hinzutritt, und Fig. 444, der Abbildung eines nach der Kante $ao'$ prismatischen Krystalles, dargestellt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *86° 35′ |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *84 15 |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *81 23 |
| $o':a = (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | — | *64 39 |
| $o':b = (\bar{1}11):(010) =$ | — | *65 16 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 45° 22′ | 45 19 |

18) Groth u. Nilson, Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal. 1879 (3). S. auch Nilson, Ber. d. d. chem. Ges. 1877, **10**, 980 u. 1878, **11**, 879.

19) Calderon, Zeitschr. f. Krystall. 1880, **4**, 493. In den Elementen und berechneten Winkeln des Rubidiumsalzes fand Negri[20]) so erhebliche Irrtümer, daß die Untersuchung der Krystalle jedenfalls wiederholt werden muß.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega : a = (111):(100) =$ | 56° 16′ | 56° 44′ circa |
| $\omega : b = (111):(010) =$ | 70 30 | 70 20 » |
| $\omega' : a = (1\bar{1}1):(100) =$ | 55 52 | — |
| $\omega' : b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 60 2 | 58 59 » |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Wegen der trüben Beschaffenheit der zum Teil ziemlich großen Krystalle konnte in optischer Beziehung nur die Schiefe der Schwingungsrichtungen gegen die Kanten constatiert werden; dieselbe betrug auf $b\{010\}$ mit der Kante $b\{010\}:o'\{\bar{1}11\}$ 46°, auf $o'\{\bar{1}11\}$ mit derselben Kante 65°.

Farbe citrongelb. Pleochroïsmus schwach.

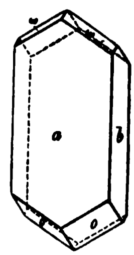
### Cäsiumplatodijodonitrit-Dihydrat = $(NO_2)_2J_2PtCs_2.2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9395:1:0{,}6475$; $\beta = 98°20'$ Calderon[19]).

Dargestellt von Nilson[18]), gemessen von Calderon (l. c. 494), dessen Berechnung später von Negri[20]) corrigiert wurde. Combination (Fig. 445): $a\{100\}$, $b\{010\}$, $o\{11\bar{1}\}$ und $\omega\{111\}$, welches stets gegen $o$ sehr zurücktritt.

Fig. 445.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | — | *65° 13′ |
| $o:b = (11\bar{1}):(010) =$ | — | *60 26 |
| $\omega:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *60 4 |
| $\omega:a = (111):(100) =$ | 54° 43′ | 54 14 circa |
| $\omega:b = (111):(010) =$ | 63 40 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

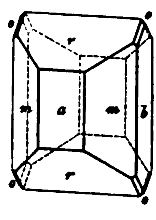
Farbe citrongelb. Pleochroïsmus schwach.

### Lithiumplatonitrit-Trihydrat = $(NO_2)_4PtLi_2.3H_2O$.

Rhombisch bipyramidal. $a:b:c = 0{,}9576:1:0{,}7504$ Topsøe[5]).

Das von Nilson[6]) dargestellte Salz bildet nach Topsøe (l. c. 479) kleine zerfließliche, nicht genau meßbare Krystalle der Combination (Fig. 446): $m\{110\}$, $r\{101\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$ und sehr kleine und unvollkommene Flächen von $o\{121\}$ und $\{111\}$(?). Meist sind $m$ und $r$ ungefähr gleich groß, manchmal herrscht aber auch $b$ vor.

Fig. 446.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *87° 31′ |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *76 10 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 63° 33′ | 63 26 |
| $o:m = (121):(110) =$ | 35 20 | 35 0 circa |
| $o:b = (121):(011) =$ | 40 15 | 40 0 » |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

### Natriumplatodijodonitrit-Tetrahydrat = $(NO_2)_2J_2PtNa_2.4H_2O$.

Triklin pinakoidal. $a:b:c = 0{,}9049:1:0{,}7126$ van 'tHoff[21]).

$\alpha = 102°9'$, $\beta = 111°23\frac{1}{2}'$, $\gamma = 80°31\frac{1}{2}'$,
$A = 99°25\frac{1}{2}'$, $B = 110°1'$, $C = 84°27\frac{1}{2}'$.

20) Negri, Rivista d. min. e crist. ital. 1891, 9, 41.
21) van 'tHoff, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 495.

Die untersuchten Krystalle von Nilson[18]) dargestellt. Beobachtete Formen (Fig. 447): $m\{110\}$, $p\{1\bar{1}0\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$, $r'\{10\bar{1}\}$, $q'\{0\bar{1}1\}$, $o\{12\bar{1}\}$, $x\{11\bar{2}\}$. Die Krystalle sind meist langprismatisch nach der Verticalaxe, wobei gewöhnlich $p$, zuweilen aber auch $m$ vorherrscht (s. die senkrechte Projection Fig. 450). Die in Fig. 447 in Vorderansicht und in Fig. 448 in verticaler Projection

Fig. 447.

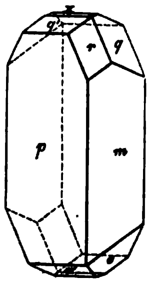


Fig. 448.

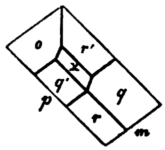


Fig. 449.

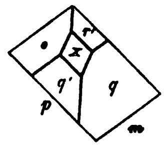
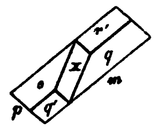


Fig. 450.



abgebildeten Endflächen sind nicht immer alle vorhanden; oft wird das Ende fast allein gebildet von den Flächen $r, q', o$; zwei anderweitige Endausbildungen sind in den Figuren 449 und 450 wiedergegeben. Zuweilen finden sich Zwillinge nach $q'\{0\bar{1}1\}$, bei denen die Flächen $m\underline{m}$, weil fast senkrecht zur Zwillingsebene, nahezu in eine Ebene fallen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *81° 28½′ |
| $q':p = (0\bar{1}1):(1\bar{1}0) =$ | — | *56 31½ |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *52 4 |
| $q:p' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *75 37½ |
| $m:q' = (110):(0\bar{1}1) =$ | — | *91 17½ |
| $m:r = (110):(101) =$ | 49° 26½′ | 49 17 |
| $p:r = (1\bar{1}0):(101) =$ | 58 55½ | 58 50½ |
| $q':r = (0\bar{1}1):(101) =$ | 41 28 | 42 0½ |
| $q:r = (011):(101) =$ | 45 22½ | 45 31½ |
| $q:q' = (011):(0\bar{1}1) =$ | 67 12 | 67 37½ |
| $o':p = (\bar{1}\bar{2}1):(1\bar{1}0) =$ | 71 50 | 71 26 |
| $o:m = (12\bar{1}):(110) =$ | 48 50 | 48 28½ |
| $o':q' = (\bar{1}\bar{2}1):(0\bar{1}1) =$ | 40 53 | 40 45 |
| $x':r' = (\bar{1}\bar{1}2):(\bar{1}01) =$ | 29 45 | 29 31 |
| $x':q' = (\bar{1}\bar{1}2):(0\bar{1}1) =$ | 28 51 | 28 50 |
| $x:m = (11\bar{2}):(110) =$ | 83 31 | 84 1 |
| $m:\underline{m} = (110):(\underline{\bar{1}\bar{1}0}) =$ | 2 37 | 2 54 |

Spaltbarkeit nach $p\{1\bar{1}0\}$ vollkommen.

Die nahezu verticale Ebene der opt. Axen bildet circa 10° mit $m\{110\}$, circa 70° mit $p\{1\bar{1}0\}$; Mittellinie nach links, also auch nach hinten geneigt; Axenwinkel sehr groß (in horizontal geschliffenen Platten sieht man in Öl ein Axenbild deutlich, von dem anderen nur die schwarze Hyperbel). Eine Schwingungsrichtung auf $m\{110\}$ geht von links oben nach rechts unten, circa 30° gegen die Kante $mp$ geneigt; auf $p$ bildet eine ebenso verlaufende circa 20° mit derselben Kante.

Farbe citrongelb, Pleochroïsmus schwach.

**Kaliumcalciumnitrit-Trihydrat = $(NO_2)_3CaK.3H_2O$.**

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}646:1:0{,}642$ Topsøe[2]).

Dargestellt von Nordström[22]), gemessen von Topsøe (l. c. 112). Große farblose Prismen $m\{110\}$ mit $a\{100\}$ und $b\{010\}$, nach ersterem tafelförmig, an den Enden $q\{011\}$, $r\{101\}$ und $o\{111\}$ nahezu gleich groß ausgebildet. Nicht genau meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 65° 46′ | 66° 0′ |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *50 6 |
| $o:b = (111):(010) =$ | — | *65 30 |
| $r:m = (111):(110) =$ | 40 12 | 41 20 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 45 10 | 45 7 |
| $q:b = (011):(010) =$ | 57 17 | 57 30 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen.
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie $c$-Axe.

## Doppelnitrite zwei- und zweiwertiger Metalle.

Es sind nur Platonitrite und Platojodonitrite krystallographisch untersucht worden, sämtlich wasserhaltige Verbindungen gleicher Moleküle der beiden einfachen Salze.

**Strontium-** und **Baryumplatonitrit-Trihydrat** = $(NO_2)_4PtSr.3H_2O$ und $(NO_2)_4PtBa.3H_2O$ krystallisieren triklin mit so geringer Abweichung vom monoklinen Systeme, daß sie nur durch die Spaltbarkeit nachgewiesen werden konnte, und sind zweifellos isomorph, während das **Bleiplatonitrit-Trihydrat** = $(NO_2)_4PtPb.3H_2O$ eine Abweichung von monokliner Symmetrie nicht erkennen ließ und auch in den Winkeln größere Differenzen von den beiden ersten Salzen zeigte, so daß es nur durch die Wahl complicierter Symbole für die Formen auf ähnliche Elemente zurückgeführt werden kann. Noch mehr verschieden ist die ebenfalls monokline Form von **Cadmiumplatonitrit-Trihydrat** = $(NO_2)_4PtCd.3H_2O$. Die Beziehungen dieser vier Salze können jedenfalls nur durch Darstellung und Untersuchung von Mischkrystallen festgestellt werden.

**Baryumplatodijodonitrit-Tetrahydrat** = $(NO_2)_2J_2PtBa.4H_2O$ krystallisiert monoklin, zeigt aber eine große Ähnlichkeit seiner gewöhnlich triklin verzerrten Krystalle mit denen des triklinen Natriumsalzes $(NO_2)_2J_2PtNa_2.4H_2O$ (S. 43 f.), welche besonders bei Vergleichung der Figuren 448 und 457 hervortritt: $r$ der Baryumverbindung bildet mit den verticalen Flächen $m$ einen Winkel, welcher das Mittel von $r:m$ und $r:p$ am Natriumsalze ist, $q':p$ bzw. $q:m$ ist bei beiden Körpern fast gleich groß, ebenso der Axenwinkel $\beta$. Hieraus geht hervor, daß die Ersetzung des Baryumatomes durch zwei Natriumatome eine Änderung der Krystallform bewirkt hat, bei welcher beide Formen noch eine gewisse Verwandtschaft bewahrt haben. Übrigens

22) Die chemische Untersuchung dieses Salzes scheint nicht publiciert worden zu sein.

zeigen die Krystalle von $(NO_2)_2J_2PtBa.4H_2O$ auch eine unverkennbare Ähnlichkeit mit denen von $(CN)_4PtBa.4H_2O$ (s. **1**, 404).

Von Verbindungen mit 5 Mol. $H_2O$ ist ebenfalls nur eine gemessen worden, das monoklin krystallisierende **Magnesiumplatonitrit-Pentahydrat** $= (NO_2)_4PtMg.5H_2O$.

Eine isolierte Stellung nimmt ferner auch das **Calciumplatodijodonitrit-Hexahydrat** $= (NO_2)_2J_2PtCa.6H_2O$ ein, welches monokline und zwar pseudotetragonale Formen zeigt.

Unter den Verbindungen mit 8 Mol. $H_2O$ ist zunächst eine isomorphe Gruppe triklin krystallisierender Salze zu erwähnen, nämlich **Mangano-, Nickel-, Kobalt- und Zinkplatonitrit-Oktohydrat** $= (NO_2)_4PtMn.8H_2O$ bzw. $(NO_2)_4PtNi.8H_2O$, $(N_2O)_4PtCo.8H_2O$ und $(NO_2)_4PtZn.8H_2O$, ferner zwei halogenhaltige Verbindungen: **Magnesiumplatodijodonitrit-Oktohydrat** $= (NO_2)_2J_2PtMg.8H_2O$ und **Strontiumplatodijodonitrit-Oktohydrat** $= (NO_2)_2J_2PtSr.8H_2O$; die beiden letzteren krystallisieren ebenfalls triklin und zeigen weder mit einander, noch mit den vorhergehenden Salzen Ähnlichkeiten der Krystallformen.

### Strontiumplatonitrit-Trihydrat = $(NO_2)_4PtSr.3H_2O$.

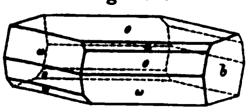
Triklin pinakoidal (pseudo-monoklin-prismatisch).

$a:b:c = 0{,}5598 : 1 : 1{,}5712$ Topsøe[1]).

$\alpha = 93^\circ 6'$, $\beta = 90^\circ 0'$, $\gamma = 90^\circ 0'$.

Die Krystalle des von Nilson[2]) dargestellten Salzes sind wasserhelle pseudohexagonale Tafeln (s. Fig. 451) nach $c\{001\}$ mit zwei scheinbar monoklinen prismatischen Formen $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$, welche jedoch häufig dem triklinen Systeme entsprechend unvollzählig ausgebildet sind, ferner mit Flächen von $u\{114\}$, seltener von $v\{116\}$, $w\{227\}$ und $x\{223\}$, auch diese gewöhnlich nicht in einer monokliner Symmetrie entsprechenden Flächenzahl. Zuweilen Zwillinge nach $c\{001\}$.

Fig. 451.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:c = (010):(001) =$ | 86° 54′ | 88° 8′ |
| $\omega:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | — | *74 6 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | 71 20 |
| $x:c = (223):(001) =$ | 63 44 | 63 43 |
| $w:c = (227):(001) =$ | 41 51½ | 41 35 |
| $u:c = (114):(001) =$ | 38 11 | 37 30 |
| $v:c = (116):(001) =$ | 27 49½ | 27 27 |
| $o:\omega = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *55 40 |
| $o:b = (111):(010) =$ | 61 21 | 61 38 |
| $\omega:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 62 59 | 62 30 |
| $u:b = (114):(010) =$ | 69 53 | 71 25 |
| $x:b = (223):(010) =$ | 62 32 | 63 53 |
| $\omega:\omega = (1\bar{1}1):(11\bar{1}) =$ | 65 53½ | 66 5 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 111 31 | — |

1) Topsøe, Zeitschr. f. Krystall. 1880, **4**, 482.

2) Nilson, Ber. d. d. chem. Ges. 1876, **9**, 1722.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $x : x' = (223) : (\bar{2}23) =$ | $102^\circ 58'$ | — |
| $w : w' = (227) : (\bar{2}27) =$ | $71\ 13$ | — |
| $u : u' = (114) : (\bar{1}14) =$ | $65\ 16$ | — |
| $v : v' = (116) : (\bar{1}16) =$ | $48\ \ 4$ | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und nach je einem Flächenpaare von $o\{111\}$ und $\omega\{1\bar{1}1\}$ sehr vollkommen.

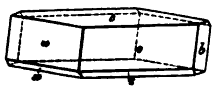
### Baryumplatonitrit-Trihydrat = $(NO_2)_4PtBa.3H_2O$.

Triklin pinakoidal (pseudo-monoklin-prismatisch).

$a : b : c = 0,5722 : 1 : 1,7172$ Topsøe[1]).

$\alpha = 91^\circ 12'$, $\beta = 90^\circ 0'$, $\gamma = 90^\circ 0'$.

Fig. 452.



Dargestellt von Nilson[2]), gemessen von Topsøe (l. c. 480). Combination (Fig. 452): $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $b\{010\}$, $s\{55\bar{9}\}$, $x\{22\bar{9}\}$ (nicht immer vorhanden), entweder tafelartig nach $c$ oder prismatisch nach $co$; zuweilen kommen auch $o'\{\bar{1}11\}$, $\omega_,\{11\bar{1}\}$ und $s'\{5\bar{5}9\}$ vor.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega : c = (1\bar{1}1) : (001) =$ | — | $*74^\circ 25'$ |
| $o : c = (111) : (001) =$ | — | $*73\ 19$ |
| $s' : c = (5\bar{5}9) : (001) =$ | $62^\circ 58'$ | $63\ \ 9$ |
| $x' : c = (\bar{2}29) : (001) =$ | $37\ 18\frac{1}{2}$ | $37\ 12$ |
| $o : \omega = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | $*57\ \ 0$ |
| $o : b = (111) : (010) =$ | $61\ 12$ | $62\ \ 0$ circa |
| $\omega : b' = (1\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | $61\ 48$ | $61\ 36$ |
| $x : b' = (2\bar{2}\bar{9}) : (0\bar{1}0) =$ | $71\ 29$ | $72\ 16$ |
| $\omega : s = (1\bar{1}1) : (55\bar{9}) =$ | $71\ 47$ | $71\ 27$ |
| $o : x' = (111) : (\bar{2}29) =$ | $93\ 46\frac{1}{2}$ | $94\ 35$ |
| $x : s = (2\bar{2}\bar{9}) : (55\bar{9}) =$ | $50\ 34$ | $50\ 19$ |
| $\omega : \omega_, = (1\bar{1}1) : (11\bar{1}) =$ | $66\ 33$ | — |
| $o : o' = (111) : (\bar{1}11) =$ | $112\ 29$ | — |

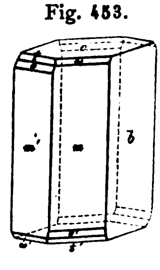
Spaltbarkeit nach den drei Pinakoiden $c\{001\}$, $o\{111\}$ und $\omega\{1\bar{1}1\}$ sehr vollkommen.

### Bleiplatonitrit-Trihydrat = $(NO_2)_4PtPb.3H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,5471 : 1 : 1,3055$; $\alpha = 92^\circ 18'$ Topsøe[3]).

Fig. 453.



Die Krystalle dieses ebenfalls von Nilson[2]) dargestellten und von Topsøe[1]) (l. c. 483) krystallographisch untersuchten Salzes sind, der Vergleichung mit den beiden vorhergehenden wegen, hier so gestellt worden, daß die Symmetrieaxe nach vorn gerichtet und mit $a$ bezeichnet ist. Es sind pseudohexagonale gelbe Prismen $b\{010\}$, $m\{110\}$ mit $c\{001\}$, untergeordnet: $o\{1\bar{1}1\}$, $t\{1\bar{1}2\}$ und zuweilen noch matte Flächen von $\omega\{443\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | $*57^\circ 26\frac{1}{2}'$ |
| $b : c = (010) : (001) =$ | — | $*87\ 42$ |

3) Nach der Correctur von Negri, Rivisti di min. e crist. ital. 1891, 9, 77.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:c = (110):(001) =$ | 88° 54′ | 88° 40′ |
| $o:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | — | *70 46 |
| $t:c = (1\bar{1}2):(001) =$ | 54 21 | 54 15 |
| $\omega:c = (443):(001) =$ | 73 33 | 72 55 |
| $o:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 63 54 | 64 3 |
| $t:b' = (1\bar{1}2):(0\bar{1}0) =$ | 68 29½ | 68 20 |
| $\omega:b = (443):(010) =$ | 61 52 [3]) | — |
| $o:o' = (1\bar{1}1):(11\bar{1}) =$ | 68 10 | — |
| $t:t' = (1\bar{1}2):(11\bar{2}) =$ | 89 4 | — |
| $\omega:\omega' = (443):(4\bar{4}\bar{3}) =$ | 65 28 | — |
| $\omega:o = (443):(1\bar{1}1) =$ | 54 28 | 54 25 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen.

### Cadmiumplatonitrit-Trihydrat = $(NO_2)_4PtCd \cdot 3H_2O$.

Monoklin prismatisch.

Fig. 454.

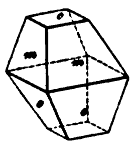
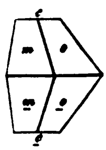


Fig. 455.



$a:b:c = 1{,}0627:1:1{,}5850$; $\beta = 98°25\frac{1}{2}'$ Topsøe[1]).

Dargestellt von Nilson[2]), gemessen von Topsøe (l. c. 485). Combination (Fig. 454): $m\{110\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$. Nicht selten Zwillinge nach $c\{001\}$, Fig. 455 (Projection auf die Symmetrieebene). Die wachsgelben Krystalle verwittern in trockner Luft sehr schnell.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *70° 3′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | 84° 12′ | 84 34 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 92 52 | 93 11 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *86 24 |
| $o':m = (\bar{1}11):(110) =$ | — | *84 46 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen.

### Baryumplatodijodonitrit-Tetrahydrat = $(NO_2)_2J_2PtBa \cdot 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}8456:1:05435$; $\beta = 112°4\frac{1}{2}'$ Howe[4]).

Fig. 456.

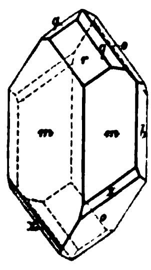
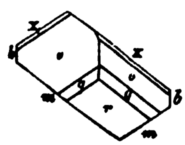


Fig. 457.



Das Salz wurde dargestellt von Nilson[5]) und krystallographisch untersucht von Howe[4]). Die durch Vorwalten eines Flächenpaares $m$ (s. Fig. 456 und 457) tafeligen und daher triklin erscheinenden Krystalle zeigen die Formen: $m\{110\}$, $r\{101\}$, $o\{12\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $x\{34\bar{1}\}$, $b\{010\}$, selten $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *76° 10′ |
| $o:o = (12\bar{1}):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | — | *92 30 |
| $o:m = (12\bar{1}):(110) =$ | — | *53 24 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 54° 24′ | 54 32½ |

4) Howe, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 497. Correcturen der Berechnung von Negri, l. c. 66.

5) Groth u. Nilson, Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal. 1879 (3). S. auch Nilson, Ber. d. d. chem. Ges. 1877, 10, 932 und 1878, 11, 882.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | $= 53^\circ 28'$ | — |
| $q:r = (011):(101)$ | $= 36\ 22$ | $36^\circ\ 7'$ |
| $q:m = (011):(110)$ | $= 57\ 12$ | $57\ 11\frac{1}{2}$ |
| $o:a = (12\bar{1}):(100)$ | $= 78\ 58$ | $79\ 15$ |
| $x:m = (34\bar{1}):(110)$ | $= 24\ 26$ | $24\ 19$ circa |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ unvollkommen.

Ebene der opt. Axen $\perp b\{010\}$; 1. Mittellinie die Symmetrieaxe, die 2. Mittellinie bildet mit der Verticalaxe 96° im stumpfen Winkel $\beta$; $2E = 75^\circ$ circa.

Farbe bernsteingelb. Pleochroïsmus schwach; von den Schwingungen in $b\{010\}$ ist die der 2. Mittellinie parallele merklich heller und mehr grünlich gefärbt, als die andere.

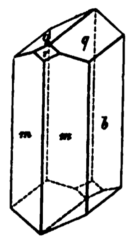
### Magnesiumplatonitrit-Pentahydrat = $(NO_2)_4PtMg.5H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}6101 : 1 : 0{,}4101$; $\beta = 98^\circ 35\frac{1}{2}'$ Topsøe[1]).

Die von Nilson[2]) erhaltenen Krystalle sind nach Topsøe (l. c. 486) Combinationen von $b\{010\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, zuweilen auch $r\{101\}$, selten Andeutungen von $i\{121\}$. In den folgenden berechneten Werten sind einige von Negri[3]) (l. c. 78) corrigiert worden.

Fig. 458.



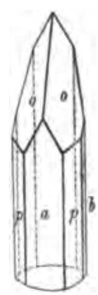
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | $*62^\circ 12'$ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | $= 44^\circ\ 9'$ | $44\ 5$ |
| $q:m = (011):(110)$ | = — | $*71\ 47$ |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10)$ | = — | $*85\ 40$ |
| $r:q = (101):(011)$ | $= 37\ 31$ | $37\ 0$ |
| $i:r = (121):(101)$ | $= 32\ 14\frac{1}{2}$ | $32\ 0$ circa |
| $i:m = (121):(110)$ | $= 42\ 24$ | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen.

### Calciumplatodijodonitrit-Hexahydrat = $(NO_2)_2J_2PtCa.6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

Fig. 459.



$a:b:c = 1{,}238 : 1 : 1{,}794$; $\beta = 124^\circ 14'$ Groth[6]).

Dargestellt von Nilson[5]). Kleine gelbrote, mattflächige achtseitige Prismen $a\{100\}$, $p\{110\}$, $b\{010\}$, selten mit Endflächen von $o\{111\}$ und (nicht meßbar) $\omega\{11\bar{1}\}$(?).

$a:p = (110):(100) = *45^\circ 40'$ beob.

$o:o = (111):(1\bar{1}1) = *68\ 35$ »

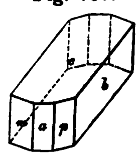
$o:a = (111):(100) = *40\ 10$ »

Eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe ca. 30° im spitzen Winkel $\beta$.

### Manganoplatonitrit-Oktohydrat = $(NO_2)_4PtMn.8H_2O$.

Triklin pinakoidal.

Fig. 460.



$a:b:c = 0{,}7025 : 1 : ?$ Topsøe[1]).

$\alpha = 84^\circ 31'$, $\beta = 107^\circ 52'$, $\gamma = 98^\circ 43'$.

Die von Nilson[2]) dargestellten Krystalle sind nach Topsøe (l. c. 489) Prismen, von $b\{010\}$ und $c\{001\}$ gebildet, mit den Endflächen $m\{1\bar{1}0\}$, $p\{110\}$ und $a\{100\}$ (Fig. 460); die beiden letzten Formen fehlen zuweilen.

6) Groth, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 500. Corrigiert von Negri l. c. 65.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *82° 36′ |
| $m:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *61 18 |
| $m:p = (1\bar{1}0):(110) =$ | 67° 37′ | 67 32 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *93 0 |
| $m:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *72 54 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 72 42 | 72 32 |
| $p:c = (110):(001) =$ | 78 7 | 77 41 |

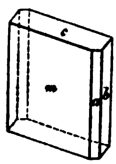
Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $b\{010\}$ sehr vollkommen.

### Nickelplatonitrit-Oktohydrat = $(NO_2)_4PtNi.8H_2O$.

Triklin pinakoidal; isomorph mit dem vorigen.

Topsøe[1]) (l. c. 488) beobachtete an den ebenfalls von Nilson dargestellten Krystallen die Formen: $m\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$ (Fig. 461); oft sehr dünntafelig nach $m$ mit schmalen Randflächen $b$ und $c$.

Fig. 461.



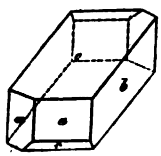
| | | |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 85° | circa beob. |
| $m:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | 60 6′ | » |
| $b:c = (010):(001) =$ | 93 30 | » |
| $m:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 72 18 | » |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen.

### Kobaltplatonitrit-Oktohydrat = $(NO_2)_4PtCo.8H_2O$.

Triklin pinakoidal.

Fig. 462.



$a:b:c = 0{,}6998:1:0{,}88$ Topsøe[1]).

$\alpha = 84°57'$, $\beta = 108°5'$, $\gamma = 97°0'$.

Dargestellt von Nilson, gemessen von Topsøe[1]) (l. c. 487). Rote vierseitige Prismen $c\{001\}$, $b\{010\}$, an den Enden $m\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$ und, nur einmal mit matten Flächen beobachtet, $r\{10\bar{1}\}$ (Fig. 462).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *84° 16′ |
| $m:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *60 17 |
| $b:c = (010):(001) =$ | 93° 3′ | 93 23 |
| $m:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *72 48 |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *72 21 |
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *44 50 circa |
| $r:b = (10\bar{1}):(010) =$ | 82 22 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $c\{001\}$ vollkommen.

### Zinkplatonitrit-Oktohydrat = $(NO_2)_4PtZn.8H_2O$.

Triklin pinakoidal.

Die mit den vorhergehenden Salzen isomorphe Verbindung, wie diese von Nilson dargestellt, bildet nach Topsøe[1]) (l. c. 490) rhomboëderähnliche Combinationen von $c\{001\}$, $b\{010\}$ und $m\{1\bar{1}0\}$ oder prismatische mit $p\{110\}$ und $a\{100\}$, wie Fig. 460.

| | | |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 84° 5′ | beob. |
| $m:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | 60 12 | » |
| $m:p = (1\bar{1}0):(110) =$ | 67 40 | » |

$b : c = (010) : (001) = 93°40'$ beob.
$m : c = (1\bar{1}0) : (001) = 72\ 18$ »
$a : c = (100) : (001) = 72\frac{1}{2}°$ circa »

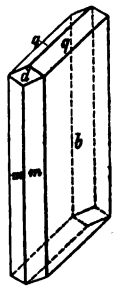
Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $b\{010\}$ sehr vollkommen.

**Magnesiumplatodijodonitrit-Oktohydrat = $(NO_2)_2J_2PtMg.8H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,4890 : 1 : 0,3724$; $\beta = 99°29'$ Groth[6]).

Fig. 463.




Dargestellt von Nilson[5]), gemessen von Groth (l. c. 499). Gelbe, oft recht große Blätter parallel $b\{010\}$ mit meist unvollständigen und gerundeten Randflächen; nur ein kleiner Krystall zeigte die Combination Fig. 463 mit $m\{110\}$, $q\{011\}$ und $d\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : b = (110) : (010) =$ | — | *64°15' |
| $q : b = (011) : (010) =$ | — | *69 50 |
| $q : m' = (011) : (1\bar{1}0) =$ | — | *90 36 |
| $d : m = (101) : (110) =$ | 51°56' | 51 56 circa |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $q\{011\}$ in Spuren.

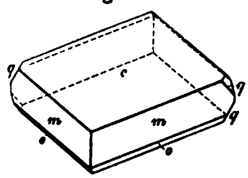
Ebene der optischen Axen ⊥ $b\{010\}$ und unter 40° im stumpfen Winkel $\beta$ zur $c$-Axe geneigt; 1. Mittellinie ⊥ $b\{010\}$, Axenwinkel sehr groß. Pleochroïsmus in $b\{010\}$ schwach (gelb und etwas blasser grünlichgelb).

**Strontiumplatodijodonitrit-Oktohydrat = $(NO_2)_2J_2PtSr.8H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,9175:1:1,8101$; $\beta = 119°3'$ van 'tHoff[7]).

Fig. 464.




Die von Nilson dargestellten Krystalle sind nach van 'tHoff dicktafelförmige Combinationen (Fig. 464): $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{11\bar{2}\}$, $q\{011\}$; zuweilen kommt noch sehr klein ein nicht meßbares $\{h0\bar{l}\}$ vor. Die Flächen werden an der Luft matt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *77°28' |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *67 44⅔ |
| $q : c = (011) : (001) =$ | — | *57 42½ circa |
| $m : q = (110) : (011) =$ | 43° 0' | 43 32 |
| $q : o' = (011) : (\bar{1}12) =$ | 42 21 | 41 43 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe ca. 10° im spitzen Winkel $\beta$; durch $c\{001\}$ beide Axenbilder sichtbar; $2E$ ca. 80°—90°.

Farbe bernsteingelb mit schwachem Pleochroïsmus: Schwingungen parallel der ersten Mittellinie rotgelb, ‖ der zweiten heller gelb (etwas grünlich), ‖ der Normalen zur Axenebene hellgelb.

## Doppelnitrite drei- und einwertiger Metalle.

Das zum mikrochemischen Nachweise des Kobalts dienende Fischersche Salz $(NO_2)_6CoK_3.3H_2O$ soll in fast undurchsichtigen Würfeln und Oktaëdern

7) van 'tHoff, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 498.

krystallisieren, scheint aber weder gemessen, noch optisch untersucht worden zu sein; das Gleiche gilt für das entsprechende Rhodiumsalz.

Ursprünglich als Nitrosonitrite beschrieben, später aber als Doppelnitrite mit dem Verhältnisse $NO_2M:(NO_2)_3R = 2:1$ erkannt, wurden die beiden folgenden, monoklin krystallisierenden Salze: **Kaliumrutheniumnitrit** $= (NO_2)_5RuK_2$ und **Natriumrutheniumnitrit-Dihydrat** $= (NO_2)_5RuNa_2.2H_2O$.

Von den Doppelnitriten mit dem Verhältnisse $NO_2M:(NO_2)_3R = 1:1$ sind zwei Ammoniakverbindungen krystallographisch untersucht worden: **Diammin-Kaliumkobaltinitrit** $= (NO_2)_4CoK.2NH_3$ und **Diammin-Ammoniumkobaltinitrit** $= (NO_2)_4CoNH_4.2NH_3$, deren Krystalle rhombisch und isomorph sind.

* Ein Doppelsalz zweier dreiwertiger Metalle ist das von Gibbs und Genth (Amer. Journ. Sc. 1857, (2) 24, 90) dargestellte **Xanthokobaltchloroaurat** $= NO_2Cl_2Co.5NH_3.AuCl_3.H_2O$, welches nach J. Dana rhombische Prismen bildet, deren Winkel so schwankt, daß er nicht bestimmt werden konnte, mit den Endflächen {101}; beob. (101):(̄101) = 49°36'.

### Kaliumrutheniumnitrit = $(NO_2)_5RuK_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9985:1:0{,}5672$; $\beta = 92°46'$ Dufet[1]).

Dargestellt von Joly und Vèzes[2]). Die orangeroten Krystalle zeigen nach Dufet die Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $i\{21\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $s\{201\}$, mit wechselndem Habitus und häufig mit gekrümmten Flächen; die bestausgebildeten sind prismatisch nach der Verticalaxe.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *89°50' |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *59 4 |
| $s:a = (201):(100) =$ | 40° 9' | 40 11 |
| $a:\sigma = (100):(20\bar{1}) =$ | 42 33 | 42 40 |
| $m':q = (1\bar{1}0):(011) =$ | — | *71 26 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 67 48 | 67 48 |
| $q:'i = (011):(\bar{2}\bar{1}1) =$ | 69 55 | 69 58 |
| $a:q = (100):(011) =$ | 87 36 | 87 32 |
| $q:i' = (011):(\bar{2}11) =$ | 45 51 | 45 45 |
| $i:b = (21\bar{1}):(010) =$ | 69 7 | 68 47 |
| $q:\sigma' = (011):(\bar{2}01) =$ | 56 9 | 56 9 |

Ebene der opt. Axen, ⊥ $b\{010\}$, bildet mit $a\{100\}$ 5° im stumpfen Winkel $\beta$.

### Natriumrutheniumnitrit-Dihydrat = $(NO_2)_5RuNa_2.2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}5086:1:1{,}0218$; $\beta = 93°47'$ Dufet[3]).

1) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1889, 12, 474. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 20, 279.

2) Joly u. Vèzes, Compt. rend. 1889, 109, 667, gaben dem Salze die Formel eines Kaliumrutheniumnitrosonitrits $(NO_2)_4NORuK_2$. Joly u. Leidié, Compt. rend. 1894, 118, 468 corrigierten die Formel in der oben angegebenen Weise.

3) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1892, 15, 218. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 23, 496.

Die von Joly[4]) dargestellten Krystalle sind prismatische Combinationen von $b\{010\}$, $a\{100\}$, $n\{210\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$ und untergeordnet, oft auch fehlend, $r\{101\}$. Häufig Zwillinge nach $a\{100\}$, in der Art der Karlsbader Feldspatzwillinge verwachsen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $n:a = (210):(100) =$ | — | *36° 58′ |
| $a:r = (100):(101) =$ | — | *53 19 |
| $b:o = (010):(111) =$ | — | *50 40 |
| $b:\omega = (010):(11\bar{1}) =$ | 48° 59′ | 48 56 |
| $a:o = (100):(111) =$ | 62 29 | 62 30 |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 50 43 | 50 35 (appr.) |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | 66 48 | 66 47 |
| $n:o = (210):(111) =$ | 41 20 | 41 21 |
| $n:\omega = (210):(11\bar{1}) =$ | 44 47 | 44 45 |
| $r:\omega' = (101):(\bar{1}11) =$ | 73 44 | 73 43 |
| $r:n = (101):(210) =$ | 61 29 | 61 27 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$: für *Li* 84° 5′, für *Na* 84° 18′, für *Tl* 84° 34′; $2V = 24° 50'$ (*Li*), 25° 14′ (*Na*), 25° 37′ (*Tl*). Daher sind die Axenbilder sichtbar durch $a\{100\}$ mit einem scheinbaren Winkel $2E = 40° 13'$ (*Li*), 41° 8′ (*Na*), 42° 2′ (*Tl*) und mit viel stärkerer Dispersion des der Normalen zu $a\{100\}$ näher liegenden Axenbildes. Brechungsindices:

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Li*: | — | $\beta = 1,5847$ | — |
| *Na*: | $\alpha = 1,5889$ | $\beta = 1,5943$ | $\gamma = 1,7163$ |
| *Tl*: | — | $\beta = 1,6041$ | — |

Farbe orange; Schwingungen parallel der ersten Mittellinie ebenso, parallel der zweiten Mittellinie gelb.

### Diammin-Kaliumkobaltinitrit = $(NO_2)_4CoK.2NH_3$.

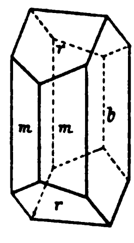
Spec. Gew. 2,076 Jaeger[5]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,8783:1:0,5192$ Jaeger[5]).

(Topische Parameter: $\chi:\psi:\omega = 6,092:6,937:3,602$ Jaeger[5]).)

Das Salz wurde zuerst von Erdmann[6]) dargestellt und von Werther[6]) gemessen; Dieser beobachtete die Formen $r\{101\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$ und $o\{111\}$ als Bisphenoid. Die von Werner und von Jörgensen[7]) dargestellten Krystalle untersuchte Jaeger; sie zeigten nur die Combination $mbr$ (Fig. 465).

Fig. 465.




| | Berechnet: | Beobachtet: Jaeger: | Werther: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *82° 35′ | 82° 54′ |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *61 11 | 61 12 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 67° 31′ | 67 41 | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ gut.

4) Joly betrachtete das Salz anfangs als

Natriumrutheniumnitrosonitrit = $(NO_2)_4NORuNa_2.2H_2O$,

und so wurde es von Dufet beschrieben. Die richtige Formel wurde später von Joly u. Leidié (Compt. rend. 1894, **118**, 468) festgestellt.

5) Jaeger, Zeitschr. f. Krystall. 1904, **39**, 569.

6) Erdmann (Mess. v. Werther), Journ. f. prakt. Chemie 1866, **97**, 410.

7) Jörgensen, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1898, **17**, 476, 479.

### Diammin-Ammoniumkobaltinitrit = $(NO_2)_4CoNH_4 . 2NH_3$.

Spec. Gew. 1,933 Jaeger[5]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,8837:1:0,5226$ Jaeger[5]).

(Topische Parameter: $\chi:\psi:\omega = 6,109:6,914:3,613$ Jaeger[5]).)

Die von Erdmann[6]) dargestellten braunen Krystalle zeigen nach Werther die Formen: $b\{010\}$, $r\{101\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $l\{210\}$ und $o\{111\}$ als Bisphenoid. Jaeger beobachtete nur die einfache Combination Fig. 465.

| | Berechnet: | Beobachtet: Jaeger: | Werther: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *82° 56′ | 82° 40′ |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *61 12 | 61 25 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 67° 35′ | 67 40 | — |
| $n:b = (120):(010) =$ | 29 30 | — | 29 34 |
| $l:l = (210):(2\bar{1}0) =$ | 47 40 | — | 47 29 |

Spaltbarkeit nach $r\{101\}$ deutlich, nach $m\{110\}$ unvollkommen.

## Doppelnitrite vier- und einwertiger Metalle.

Von derartigen Verbindungen sind nur die folgenden halogenhaltigen Salze ihrer Krystallform nach bekannt: **Kaliumplatidichloronitrit** = $(NO_2)_4Cl_2PtK_2$ und **Kaliumplatidibromonitrit** = $(NO_2)_4Br_2PtK_2$, monoklin und isomorph, ferner **Kaliumplatitribromonitrit** = $(NO_2)_3Br_3PtK_2$ und **Kaliumplatitetrajodonitrit** = $(NO_2)_2J_4PtK_2$, beide rhombisch mit sehr ähnlichen Krystallformen, aber verschiedenen Cohäsionsverhältnissen. Diese vier Körper haben gemeinsam, daß ihre Krystallformen einem Kubooktaëder ähnlich sind, und dies dürfte nicht auf einem Zufalle beruhen, da man ihre Zusammensetzung von derjenigen der oktaëdrisch krystallisierenden Halogenosalze $Cl_6PtK_2$ bzw. $Br_6PtK_2$ und $J_6PtK_2$ dadurch ableiten kann, daß zwei bzw. drei oder vier Halogenatome durch ebenso viele Nitritogruppen ersetzt werden. Im Hinblicke auf die chemischen Analogien zwischen Halogeniden und Nitriten wäre es von Interesse, diese Verwandtschaft durch Vervollständigung der vorliegenden Substitutionsreihe und Untersuchung der Rubidium-, Cäsium- und Ammoniumverbindungen weiter zu verfolgen.

### Kaliumplatidichloronitrit = $(NO_2)_4Cl_2PtK_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,021:1:1,322$; $\beta = 102° 16′$ Dufet[1]).

Das bereits von Blomstrand erwähnte Salz wurde von Vèzes[2]) chemisch und von Dufet krystallographisch untersucht; es bildet pseudooktaëdrische Combinationen von $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ mit den pseudokubischen Formen $b\{010\}$, $a\{100\}$ und $c\{001\}$, unter denen $b$ vorherrscht. Unvollkommene kleine Krystalle.

---

1) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1892, **15**, 214. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **23**, 495.

2) Vèzes, Compt. rend. 1891, **112**, 616. Ausführlicher mit Richtigstellung der Formel des Kaliumplatitribromonitrites: Ann. chim. phys. 1898, (6) **29**, 145 f.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ = | — | *83° 5′ |
| $o:a = (111):(100)$ = | — | *47 4 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100)$ = | — | *56 15 |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11)$ = | 76° 41′ | 76 43 |

Eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet 22° mit der Verticalaxe im spitzen Winkel $\beta$. Farbe hellgelb ohne merklichen Pleochroïsmus.

### Kaliumplatidibromonitrit = $(NO_2)_4Br_2PtK_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}0108:1:1{,}3927;\quad \beta = 100°31'$ Dufet[1]).

Dargestellt von Vèzes[2]), gemessen von Dufet. Kleine Krystalle von der Form des vorigen Salzes, aber besser ausgebildet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:o = (001):(111)$ = | 56° 59′ | 56° 59′ |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11)$ = | — | *68 46 |
| $o:\omega = (111):(11\bar{1})$ = | — | *54 15 |
| $a:o = (100):(111)$ = | 47 12½ | 47 1 |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1})$ = | 54 39½ | 54 48 ca. |
| $\omega':o = (\bar{1}11):(111)$ = | 78 8 | 78 2 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | 73 11 | 73 13 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ = | — | *83 0 |
| $a:c = (100):(001)$ = | 79 28,4 | 79 20 |

Eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet 28° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$. Farbe orangegelb mit einem bläulichen Schein im reflectierten Lichte.

### Kaliumplatitribromonitrit = $(NO_2)_3Br_3PtK_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7344:1:0{,}6524$ Dufet[1]).

Die von Vèzes[2]) erhaltenen Krystalle besitzen nach Dufet (l. c. 215) eine Form, welche einem Kubooktaëder gleicht; vorherrschend ist $o\{111\}$, weniger groß ausgebildet: $b\{010\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | — | *52° 0′ |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1})$ = | — | *84 26 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ = | 73° 18′ | 73 25 circa |

Spaltbarkeit vollkommen nach $a\{100\}$.
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $c$.
Farbe blutrot. Schwingungen $\perp c\{001\}$ orange, die $\parallel c\{001\}$ tiefrot.

### Kaliumplatitetrajodonitrit = $(NO_2)_2J_4PtK_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7874:1:0{,}6430$ Dufet[1]).

Dargestellt von Vèzes[3]), gemessen von Dufet (l. c. 217). Schwarze glänzende Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, am Ende $o\{111\}$, selten und klein $c\{001\}$.

3) Vèzes, Compt. rend. 1894, **118**, 696.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *52° 57′ |
| $o:o'$ | $= (111):(\bar{1}11) =$ | — | *68 58 |
| $o:'o$ | $= (111):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 92° 3′ | 92 10 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Doppelnitrite sechs- und einwertiger Metalle.

Sechswertiges Osmium bildet nach Wintrebert[1]) sogenannte Osmyldoppelnitrite, in welchen vier Valenzen des Metalls durch 2O gesättigt sind, außerdem aber auch Osmyloxysalze, von denen eines gemessen worden ist, das monoklin krystallisierende **Kaliumosmyloxynitrit-Trihydrat** = $(NO_2)_2OsO_3K_2.3H_2O$.

### Kaliumosmyloxynitrit-Trihydrat = $(NO_2)_2OsO_3K_2.3H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}0923:1:0{,}4341;\quad \beta = 100°51\frac{1}{2}'$ Dufet[2]).

Die von Wintrebert (l. c. 103) dargestellten Krystalle sind lange schwarze Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $l\{210\}$ mit den Endflächen $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ (von Dufet als $\{112\}$ und $\{11\bar{2}\}$ bezeichnet). Häufig Zwillinge nach $a\{100\}$, z. T. mit wiederholter Zwillingsbildung.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | 42° 59½′ | 43° 0′ |
| $l:a$ | $= (210):(100) =$ | 28 12½ | 28 9 |
| $o:a$ | $= (111):(100) =$ | 61 19 | 61 19 |
| $o:\omega'$ | $= (111):(\bar{1}11) =$ | — | *39 44 |
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 40 54 | 40 56 |
| $\omega:\omega$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 46 1 | 46 1 |
| $o:m$ | $= (111):(110) =$ | — | *54 21 |
| $\omega:m$ | $= (11\bar{1}):(110) =$ | — | *65 23 |
| $o:l$ | $= (111):(210) =$ | 53 58½ | 53 52 |
| $\omega:l$ | $= (11\bar{1}):(210) =$ | 69 17½ | 69 16 |
| $m:\omega'$ | $= (110):(\bar{1}11) =$ | 81 4 | 81 9 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung sehr stark; Axenebene ⊥ $b\{010\}$; nach $m\{110\}$ geschliffene Plättchen zeigen ein Axenbild in der Mitte des Gesichtsfeldes. Dünne Lamellen nach $a\{100\}$ sind für Schwingungen parallel der $b$-Axe braunviolett, für Schwingungen parallel der $c$-Axe olivengrün durchsichtig.

---

1) Wintrebert, Ann. chim. phys. 1903, (7) 28, 15.

2) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1903, 26, 44. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 41, 176.

# Nitrate, Chlorate, Bromate, Jodate.

## Einfache Salze.

### Wasserfreie Nitrate einwertiger Metalle und Atomgruppen.

**Lithiumnitrat** = $NO_3Li$ krystallisiert nach der Mitteilung von Troost in seiner bekannten Monographie des Lithiums[1]) bei 15° in schönen Rhomboëdern von 74°20' (W. a. d. Polk.) mit untergeordnetem {111}, selten auch {10$\bar{1}$}; das spec. Gew. gibt er zu 2,442 an, Kremers[2]) zu 2,334. Nach Des Cloizeaux[3]) zeigen die Rhomboëder starke negative Doppelbrechung. Retgers[4]) erhielt das Salz in wasserklaren Rhomboëdern, täuschend ähnlich denen des Natriumnitrates, aber nur durch Erwärmen der Lösung, da die Krystalle sehr hygroskopisch sind; die obigen Angaben des spec. Gew. hält er für zu hoch.

**Natriumnitrat** = $NO_3Na$ ist ebenfalls nur in einer trigonalen Modification bekannt, und zwar krystallisiert es in Rhomboëdern, welche denen des Lithiumsalzes so ähnlich sind, daß eine Isomorphie beider Verbindungen möglich erscheint. Nach Krickmeyers Untersuchung[5]) liefern jedoch gemischte Lösungen in verschiedenen Verhältnissen und bei Temperaturen bis 60° nur Krystalle von $NO_3Na$, welche vollkommen frei von Lithium sind; die beiden Nitrate bilden also ebenso wenig isomorphe Mischungen, wie die Chloride (s. **1**, 165). Andererseits zeigen die Rhomboëder des Natriumsalzes nicht nur in den Winkeln, sondern auch in den Cohäsionsverhältnissen und den optischen Eigenschaften mit denen des Calciumcarbonates (Calcit) eine so große Übereinstimmung, daß man diese beiden Körper trotz ihrer großen chemischen Verschiedenheit als isomorph bezeichnet hat. Seit lange ist ferner bekannt, daß beim Verdunsten einer gesättigten Lösung von $NO_3Na$, in welche ein Calcitkrystall gebracht wurde, die Rhomboëder des Nitrates sich auf diesem in paralleler Stellung ansetzen, wie auf den Krystallen eines isomorphen Salzes. Die ausführlichste Untersuchung (in welcher auch alle früheren Beobachtungen berücksichtigt sind) über die regelmäßige Stellung der auf dem Calcit, sowohl auf Spaltungsflächen, als auf natürlichen Rhomboëder-, Skalenoëder- und Prismenflächen, sich absetzenden Krystalle von Natriumnitrat hat Barker[6]) angestellt und darauf hingewiesen, daß zwar die Winkel der Rhomboëder von Natronsalpeter und Kalkspat um ca. 1½° verschieden, aber die Äquivalentvolumina

1) Troost, Ann. chim. phys. 1857, (3) **51**, 103.
2) Kremers, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, **99**, 443.
3) Des Cloizeaux, Annales de mines 1857, (5) **11**, 305.
4) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1889, **4**, 617. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 627.
5) Krickmeyer, Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **21**, 87. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **30**, 637.
6) Barker, Trans. Chem. Soc. Lond. 1906, **89**, 1120 (wird ausführlicher in der Zeitschr. f. Krystall. erscheinen).

und die topischen Parameter beider sehr ähnlich sind; die Seite $\chi$ der rhomboëdrischen Raumeinheit beträgt bei $NO_3Na$: 3,441, bei $CO_3Ca$: 3,394. Die Beziehung beider Körper besteht daher in einer fast gleichen Raumerfüllung und wahrscheinlich auch in übereinstimmender Anordnung der Atome $C$ und $Ca$ einerseits bzw. $N$ und $Na$ andererseits gegenüber den drei Sauerstoffatomen. Die dadurch bewirkte Analogie des Verhaltens beider Körper mit dem eigentlich isomorpher geht sogar soweit, daß, wie Miers und Chevalier[7]) nachgewiesen haben, Spaltungsstücke von Calcit in einer übersättigten Lösung von Natriumnitrat ebenso die Krystallisation hervorrufen, wie feste Partikel des letzteren Salzes.

Im Verhältnisse der Isodimorphie steht zu dem Natronsalpeter das **Silbernitrat** = $NO_3Ag$; dasselbe krystallisiert zwar bei gewöhnlicher Temperatur in rhombischer Form, aus dem Schmelzflusse aber nach Lehmann[8]) in Krystallen, welche »wahrscheinlich Combinationen spitzer Rhomboëder mit der Basis« sind und sich beim Abkühlen in die gewöhnliche rhombische Modification umwandeln; Schwarz[9]) bestimmte die Umwandlungstemperatur zu 159½°, beobachtete an der aus dem Schmelzflusse entstehenden Modification optische Einaxigkeit mit negativer Doppelbrechung, und fand, daß dieselbe durch Unterkühlung auch noch bei gewöhnlicher Temperatur bestehen kann, sich dann aber bald umwandelt. Diese, bei gewöhnlicher Temperatur also labile, trigonale Modification bildet isomorphe Mischungen mit dem Natriumnitrate in der Form der Rhomboëder des letzteren, wie zuerst H. Rose[10]) beobachtete. Lehmann[8]) (l. c. 111) erhielt beim Verdampfen der Lösung beider Salze zuerst rhomboëdrische Mischkrystalle, an welche sich zuletzt solche von rhombischem Silbernitratan setzten; Derselbe[11]) beobachtete ferner, daß die ersteren, soweit sie silberreicher waren, sich leicht in die rhombische Form umwandeln, während die natriumreicheren unverändert blieben. Dementsprechend zeigt das reine Natriumnitrat, wie Hissink[12]) nachgewiesen hat, keine Umwandlung bis zu einer Temperatur von — 50° abwärts. Nach Retgers[4]) (l. c. 599) scheiden sich aus langsam verdunstenden Lösungen von $NO_3Na$ und $NO_3Ag$, wenn diese silberarm sind, große wasserklare Rhomboëder mit kleinem $c\{111\}$ ab, aus den silberreicheren Lösungen rhombische Tafeln, in Lösungen mittlerer Zusammensetzung beide neben einander; die Rhomboëder enthalten bis 52% $NO_3Ag$ und zeigen dieselbe Spaltbarkeit und Doppelbrechung, wie reiner Natronsalpeter; sie werden im Lichte allmählich trübe, vermutlich in Folge einer Umwandlung der darin enthaltenen labilen Modification des Silbernitrates in die stabile; das spec. Gewicht der ersteren berechnet sich aus demjenigen der Mischkrystalle zu 4,19, ist also

7) Miers u. Chevalier, Min. Magaz. Lond. 1906, **14**, 123.

8) O. Lehmann, Zeitschr. f. Krystall. 1877, **1**, 110.

9) M. Schwarz, Beitr. z. Kennt. d. umkehrb. Umwandlungen polymorpher Körper. Preisschr. Gött. 1892, 48. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 614.

10) H. Rose, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1857, **102**, 437; 1859, **106**, 320.

11) O. Lehmann, Zeitschr. f. Krystall. 1885, **10**, 323.

12) Hissink, Zeitschr. f. phys. Chemie 1900, **32**, 542. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 292.

kleiner, als dasjenige der stabilen Form (4,35). In den rhombischen Krystallen fand Retgers, auch wenn sie sich neben natronreichen Rhomboëdern gebildet hatten, höchstens einen Gehalt von 0,8% $NO_3Na$ (H. Rose fand 0,5—1,1%, während ihm trigonale Krystalle bei der Analyse 32, 38 und 51% $NO_3Ag$ geliefert hatten). Kleiner ist die Lücke in der Mischungsreihe beider Salze nach Hissink[12]) in höherer Temperatur, d. h. bei der Ausscheidung aus dem Schmelzflusse, wobei sich Mischkrystalle vom Aussehen des Silbernitrates bilden mit einem Gehalte bis 26 Mol. % $NO_3Na$ und solche vom Aussehen des Natriumnitrates bis 62 Mol. % $NO_3Ag$; der Umwandlungspunkt des Silbernitrates sinkt bei Zufügung von Natronsalpeter sehr schnell und ist bei 4,5 Mol. % $NO_3Na$ 138°, von wo ab sich bis c. 50% $NO_3Na$ Gemenge von rhombischen und rhomboëdrischen, über 50% $NaO_3Na$ nur rhomboëdrische Mischkrystalle bilden; die Lücke in der Mischungsreihe liegt also bei 138° zwischen 4,5 und 50% $NO_3Na$ und erweitert sich mit sinkender Temperatur immer mehr, so daß sie bei 15° von 1,6—64,4% $NO_3Na$ reicht.

Mischungen von Silbernitrat mit salpetersaurem Lithium versuchte Retgers[4]) (l. c. 617), welcher das letztere für isomorph mit Natronsalpeter hielt, darzustellen und gibt an, die beiden, a. vor. S. bei $NO_3Na$, $NO_3Ag$ beschriebenem Arten von Mischkrystallen, silberarme trigonale und silberreiche rhombische, erhalten zu haben. Eine nähere Untersuchung dieser Krystalle hat jedoch nicht stattgefunden. Rhomboëdrische Mischkrystalle beider Salze gibt auch Ditte[13]) an, erhalten zu haben.

**Kaliumnitrat** = $NO_3K$ besitzt zwei krystallisierte Modificationen, die bei gewöhnlicher Temperatur stabile rhombische, von ausgesprochen pseudohexagonalem Charakter, und eine labile bzw. metastabile trigonale. Die letztere, welche Frankenheim[14]) zuerst beobachtete, bildet nach ihm mikroskopische Rhomboëder {100} mit dem Winkel $\alpha = 102°50'$ (entsprechend einem Flächenwinkel (100):(010) = 73°24'), an welchem noch vorkommen: {111}, {110}, ein oder beide hexagonale Prismen und ein Skalenoëder der Kantenzone des Rhomboëders. Die rhomboëdrischen Krystalle entstehen, wenn Kaliumnitrat durch Zusammenbringen von Kali und Salpetersäure gebildet oder durch Zufügung von Alkohol zur raschen Ausscheidung gebracht wird, ferner in langsam verdunstenden Tropfen der wässerigen Lösung, welche hierbei so stark übersättigt werden, daß sie zuweilen nach einiger Zeit sich in eine parallele oder zwillingsartige Krystallgruppe verwandeln, neben welcher nur Spuren von Flüssigkeit zurückbleiben. Während in Tropfen alkoholischer und in sehr flachen Tropfen wässeriger Lösung zuweilen sich nur Rhomboëder bilden, findet in den meisten Tropfen der wässerigen Lösung auch die Krystallisation der gewöhnlichen rhombischen Modification statt, welche in Form langprismatischer Stäbe und aus solchen

13) Ditte, Ann. chim. phys. 1886, (6) 8, 418.
14) Frankenheim, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1837, **40**, 447; 1854, **92**, 354.

bestehender Dendriten anschießt; sobald ein derartiger Stab beim Fortwachsen in die Nähe eines Rhomboëders gelangt, wird dieses (in Folge seiner leichteren Löslichkeit) zuerst auf der dem wachsenden rhombischen Krystalle zugekehrten Seite und später ganz aufgelöst, während letzterer weiterwächst. Berührt das wachsende rhombische Prisma ein Rhomboëder, so wird dieses trübe und in ein Aggregat der stabilen Modification umgewandelt, an welchem sich dann als Fortwachsungen rhombische Krystalle bilden; für diese ist also die Lösung gesättigt, während sie für die Rhomboëder verdünnt ist, so daß letztere sich in ihr auflösen. Trocken gewordene Rhomboëder wandeln sich erst um, wenn sie geritzt oder gedrückt werden, oder wenn man sie mit einem rhombischen Krystalle berührt. Selten gelingt es, vor der Umwandlung noch die Spaltbarkeit nach {100}, welche weniger deutlich ist als bei Natriumnitrat, durch Zerdrücken festzustellen. Erhitzt man beide Arten von Krystallen, so beobachtet man nahe dem Schmelzpunkte eine Umwandlung der rhombischen Prismen in ein krystallinisches Aggregat (mit deutlicher Aggregatpolarisation), während die Rhomboëder unverändert bleiben; beide Arten von Krystallen schmelzen gleichzeitig, weil eben diejenigen der rhombischen Modification vorher in die trigonale umgewandelt waren. Die umgekehrte Umwandlung erkannte Frankenheim ebenfalls schon an dem unregelmäßigen Gange des Thermometers beim Abkühlen einer erstarrten Schmelze. Mallard[15]) erhitzte eine zur 1. Mittellinie senkrechte Salpeterplatte bis nahe zum Schmelzpunkte und beobachtete, daß dieselbe plötzlich sehr plastisch und optisch negativ einaxig wird; die dann sehr scharfen Farbenringe und das schwarze Kreuz werden aber beim Abkühlen undeutlich, und nach einigen Stunden zeigt die Platte kein deutliches Interferenzbild mehr und hat auch ihre Plasticität eingebüßt. Ein Tropfen von geschmolzenem Salpeter erstarrt nach Mallard zu einem Aggregate von zur Oberfläche des Tropfens senkrechten, optisch einaxigen Fasern mit starker negativer Doppelbrechung, deren Längsrichtung ihrer optischen Axe parallel ist; das Interferenzbild wird beim Abkühlen allmählich undeutlich und ist nach einer halben Stunde ganz verschwunden. Weitere Untersuchungen stellten Bellati und Romanese[16]) an und bestimmten auch die Umwandlungswärme; die von ihnen zu ca. 130° angegebene Umwandlungstemperatur fanden Bellati und Lussana[17]) genauer 127°,8, Schwarz[9]) nach der optischen Methode 129°,5. Jaffé[18]) wies bei seinen zahlreichen Versuchen über das Verhalten übersättigter Lösungen nach, daß die instabile Salpetermodification stets dann entsteht, wenn hinreichend gereinigte übersättigte Lösungen in zugeschmolzenen Röhren durch Abkühlen zur frei-

15) Mallard, Bull. soc. fr. min. 1882, 5, 228. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 9, 403.

16) Bellati u. Romanese, Atti R. Istit. Venez. 1885, (6) 3, 653. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 11, 409.

17) Bellati u. Lussana, Atti R. Istit. Venez. 1892, (7) 2, 995. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 24, 317.

18) Jaffé, Zeitschr. f. phys. Chemie 1903, 43, 592.

willigen Krystallisation gebracht und Erschütterungen vermieden werden; und daß sie eine bedeutend größere Löslichkeit besitzt, als die stabile; ihr Auftreten entspricht also stets der Ostwaldschen Regel (s. Einleitung in die chemische Krystallographie, S. 16). Neuerdings hat Wallerant[19]) nochmals die Polymorphieverhältnisse des Kaliumnitrates untersucht mit folgenden Ergebnissen: Die rhombische Modification wandelt sich beim Erhitzen auf 126° in die trigonale um; die letztere scheidet sich aus dem Schmelzflusse in stark (negativ) doppeltbrechenden und leicht durch Druck sich verzwillingenden Rhomboëdern aus, und diese erfahren meist, infolge von Unterkühlung, keine Umwandlung, auch wenn die Temperatur unter 126° gesunken ist; bei ca. 114° erfolgt dann aber eine plötzliche Zunahme der Doppelbrechung und die Umwandlung in eine dritte Modification, deren Krystalle ebenfalls optisch einaxig sind, und zwar ist ihre optische Axe parallel derjenigen der Rhomboëder, aus denen sie entstanden sind. Diese Modification kann auch beobachtet werden, wenn eine warme Lösung, welche rhomboëdrische Krystalle enthält, sich abkühlt, indem hierbei ein Schleier über die Krystalle hinweg geht, ohne daß dieselben durch die Umwandlung die Schärfe ihrer Flächen und Kanten verlieren; später folgt ein zweiter Schleier, entsprechend der Umwandlung in die bei gewöhnlicher Temperatur stabile Modification. Die letztere bezeichnet Wallerant als monoklin, ohne irgend einen Beweis dafür anzugeben (nach Privatmitt. an den Verf. stützt er sich bei dieser Annahme auf das Vorhandensein nur einer zweizähligen Symmetrieaxe nach Vernadsky und darauf, daß die $c$-Axe vermutlich pseudotrigonal sei).

Daß aus gemischten Lösungen von Kalium- und Natriumnitrat beide Salze unabhängig von einander auskrystallisieren, beobachtete schon Frankenheim. Retgers[4]) (l. c. 618) versuchte ebenfalls Mischkrystalle darzustellen, fand aber, daß bei der Krystallisation in gewöhnlicher Temperatur sich Rhomboëder von $NO_3Na$ mit höchstens einem Bruchteile eines Procentes $NO_3K$ bilden, und daß die ausgeschiedenen rhombischen Krystalle ebenso wenig Natriumsalz enthalten. Goßner[20]) erhielt aus einer Lösung gleicher Theile beider Salze zuerst nur rhombische Krystalle, dann auch Rhomboëder; das spec. Gewicht beider Arten von Krystallen war so wenig von dem des entsprechenden reinen Salzes verschieden, daß dieselben jedenfalls nur Spuren des anderen enthielten. Eine größere Menge nimmt nach den Versuchen von Hissink[12]) (l. c. 537) ein jedes der beiden Nitrate von dem anderen auf, wenn es sich aus einem gemischten Schmelzflusse ausscheidet; doch kann aus dieser Tatsache nicht auf eine isomorphe Mischung geschlossen werden, da weder über die Krystallform noch über die Homogenität dieser »Mischkrystalle« irgend eine Bestimmung vorliegt. Allerdings hat derselbe Beobachter gefunden, daß die Umwandlungstemperatur des reinen Kalium-

19) Wallerant, Bull. soc. fr. min. 1905, 28, 325. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 43, 593.
20) Goßner, Zeitschr. f. Krystall. 1904, 38, 144.

nitrates, welche er zu 127,9° bestimmte, durch Beimischung kleiner Mengen von $NO_3Na$ erniedrigt wird, aber ein scharfer Umwandlungspunkt ließ sich dann nicht mehr bestimmen, und schon von 6% der Beimischung ab fand überhaupt keine Umwandlung mehr statt. Es kann sich also hier nur um eine anomale Beimischung handeln, etwa wie diejenige von Eisenchlorid zu Salmiak (s. Einleit. in d. chem. Kryst. 64), und von einer eigentlichen Isomorphie zwischen den beiden Nitraten kann wohl keine Rede sein. Die S. 57 f. besprochene Beziehung, in welcher der Natronsalpeter zum Calcit steht, kann hiernach nicht in gleicher Weise für die trigonale Form des Kaliumsalzes angenommen werden, dagegen zeigt die gewöhnliche Form des Kalisalpeters eine auffallende Ähnlichkeit mit der rhombischen Form des Calciumcarbonates, dem Aragonit, und G. Rose[21]) gibt in der Tat an, daß auf einen in Salpeterlösung eingehängten Aragonitkrystall sich Prismen von $NO_3K$ in paralleler Stellung absetzen, während Kopp[22]) und Barker[6]) (l. c. 1151) eine derartige Fortwachsung nicht beobachten konnten.

Ebenso wenig, wie eine Isomorphie des Kaliumnitrates mit dem Natronsalpeter, kann eine solche mit dem Silbernitrate angenommen werden. Dementsprechend erhielt Retgers[4]) (l. c. 608) aus gemischten Lösungen beider Salze entweder rhombische Krystalle von Salpeter, oder solche von Silbernitrat, oder endlich das später zu behandelnde Doppelsalz $(NO_3)_2AgK$; die Krystalle jedes der beiden einfachen Nitrate enthielten zwar Beimischungen des anderen, aber in so geringer Menge, daß sie keinesfalls als »isomorphe« betrachtet werden können. Auch aus dem Schmelzflusse bilden sich, wie die Untersuchung von Ussow[23]) gelehrt hat, keine Mischkrystalle.

**Rubidiumnitrat** $= NO_3Rb$ krystallisiert bei gewöhnlicher Temperatur in schwach doppeltbrechenden, nahezu einaxigen Krystallen, welche, bisher für hexagonal gehalten, nach einer neuen Untersuchung dem rhombischen Krystallsysteme angehören, jedoch so ausgezeichnet pseudohexagonal sind, daß ihre Winkel nur um wenige Minuten von denen hexagonaler Krystalle abweichen. Infolgedessen zeigen sie zwar in der Zone der verticalen Prismen fast genau dieselben Winkel, wie der ebenfalls pseudohexagonale Kalisalpeter, sie unterscheiden sich aber durch die Winkel ihrer Endflächen und durch ihre außerordentlich schwache Doppelbrechung so wesentlich davon, daß sie jedenfalls nicht als isomorph mit $NO_3K$ betrachtet werden können. Das **Cäsiumnitrat** $= NO_3Cs$ krystallisiert genau in denselben Formen, doch ist für dieses der Nachweis der rhombischen Symmetrie durch Messung noch nicht erbracht; Retgers[4]) (l. c. 625) beobachtete indessen sowohl an den Krystallen von $NO_3Cs$, als an denen von $NO_3Rb$ eine schwache optische Zweiaxigkeit, hielt aber beide Körper für isomorph mit $NO_3K$. Ebenso wenig, wie diese Annahme, kann die früher mehrfach aufgestellte Annahme einer Isomorphie mit den trigonalen Nitraten von Kalium

21) G. Rose, Ber. d. d. chem. Ges. 1871, **4**, 105.
22) Kopp, Ber. d. d. chem. Ges. 1879, **12**, 918.
23) Ussow, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904, **38**, 419. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 670.

und Natrium bei der sicher rhomboëdrischen Structur und der hohen Doppelbrechung der letzteren aufrecht erhalten werden. Das Rubidiumsalz wandelt sich nach Schwarz[9]) (l. c. 44) bei 161,4° in eine einfachbrechende, also kubische, und bei ca. 219° in eine zweite doppeltbrechende Modification um; letztere entsteht aus dem Schmelzflusse zuerst und erfährt bei der Abkühlung die umgekehrten Umwandlungen. Die über 219° stabile Modification ist nach den Beobachtungen von Wallerant[19]) (l. c. 327) stark negativ doppeltbrechend und nimmt unter der Wirkung eines Druckes lamellare Zwillingsbildung nach den drei Flächen eines Rhomboëders an; für diese Modification allein kann also eine Isomorphie mit der trigonalen des Kaliumnitrates in Frage kommen. Eine entsprechende, stark doppeltbrechende Modification existiert beim Cäsiumnitrate nicht, indem hier (wie das gleich zu erwähnende Verhalten der Mischungen mit dem Rubidiumsalze zeigt) der zweite Umwandlungpunkt über dem Schmelzpunkte liegen würde; demzufolge erstarrt das Salz aus dem Schmelzflusse einfachbrechend und wandelt sich bei 161° (nach Goßner[20]) l. c. 142) in die gewöhnliche pseudohexagonale Modification um, aus welcher man ebenso umgekehrt bei jener Temperatur die kubische erhält. Wallerant[19]) (l. c. 326 und 352) fand den Umwandlungspunkt zu 145° und beobachtete, daß derselbe für erstarrte Schmelzen von Mischungen mit Rubidiumsalz sich langsam erniedrigt mit zunehmendem Gehalte an letzterem bis zu 75% und dann rasch steigt bis auf 161° beim reinen $NO_3Rb$; während aber jene Mischungen kubisch erstarren, bilden sich, wenn der Gehalt an Rubidiumsalz 75% übersteigt, zuerst rhomboëdrische Krystalle, deren negative Doppelbrechung um so stärker ist, je mehr Rubidium die Mischung enthält; die Temperatur der Umwandlung dieser Modification in die kubische fällt dabei von 248° auf 219°.

Rubidiumnitrat bildet mit Kaliumnitrat isomorphe Mischungen von der Form des letzteren, denn Wallerant[19]) (l. c. 362) fand, daß aus Salpeterlösungen, denen steigende Mengen $NO_3Rb$ zugesetzt werden, rhombische Krystalle vom Habitus des reinen Kaliumnitrates sich ausscheiden, deren Winkel der optischen Axen abnimmt, für Rot zuerst gleich Null wird und dann wieder zunimmt in der zur früheren Axenebene senkrechten Ebene $b\{010\}$; denselben Effect, wie eine Zunahme des Rubidiumgehaltes, bringt in diesen Mischkrystallen auch eine Temperaturerhöhung hervor. Wenn das Verhältnis der Salze in der Lösung 10 $NO_3Rb$ auf 6 $NO_3K$ übersteigt, entstehen pseudohexagonale Krystalle vom Habitus des reinen Rubidiumnitrates. Leider liegen keine Messungen dieser Mischkrystalle vor. Aus geschmolzenen Mischungen beider Nitrate erhielt Wallerant negativ doppeltbrechende Rhomboëder, welche leicht Zwillinge bildeten, also unzweifelhaft isomorphe Mischungen der einander entsprechenden trigonalen Modificationen; sobald Unterkühlung der Schmelze eingetreten war, entstand jedoch die zweite rhomboëdrische Form des Kaliumnitrates (s. S. 61), auch bei ziemlich hohem Gehalte an Rubidiumsalz. Die ersteren Krystalle zeigen die gewöhnliche Umwandlung des Kaliumnitrates, wenn dieses vorherrscht;

bei überwiegendem Gehalte an $NO_3Rb$ aber zerfallen die entstandenen rhombischen Krystalle bei der Abkühlung in ein Gemenge von ebenfalls rhombischen und von schwach doppeltbrechenden, wahrscheinlich pseudohexagonalen Krystallen, und zwar um so schneller, je mehr Rubidiumsalz vorhanden ist, bis schließlich nur noch Körnchen rhombischer Substanz neben den beiden deutlich hervortretenden Modificationen des reinen Rubidiumnitrates, der kubischen und der ps.-hexagonalen, sichtbar sind. Geschmolzene Mischungen von Cäsiumnitrat mit Kaliumnitrat verhalten sich nach Wallerant[19]) (l. c. 365) folgendermaßen: bei überwiegendem Cäsiumsalze erstarrt die Schmelze in der kubischen Modification und zeigt Umwandlung in die pseudohexagonale, bei Zunahme des Kaliumgehaltes mit abnehmender Temperatur der Umwandlung; dann folgt eine Lücke in der Mischungsreihe, indem die Erstarrung eine eutektische Mischung liefert; endlich bei überwiegendem Kaliumgehalte bilden sich rhomboëdrische Krystalle, welche sich beim Abkühlen in die rhombische Modification umwandeln.

**Thallonitrat** = $NO_3Tl$ krystallisiert bei gewöhnlicher Temperatur aus Lösungen in rhombischen Krystallen, welche man früher mit denen des Salpeters verglichen hat; gegen die Annahme einer Isomorphie zwischen beiden führte jedoch mit Recht bereits Stortenbeker[24]) den ganz verschiedenen Habitus und die große Differenz der Axenverhältnisse an, sowie die von ihm beobachtete Tatsache, daß die Übersättigung einer Salpeterlösung durch einen Krystall von $NO_3Tl$ gewöhnlich nicht aufgehoben wird. Eine Umwandlung des Thallonitrates in eine andere Modification hat zuerst Van Eyk[25]) beobachtet und die Temperatur derselben zu ungefähr 142° bestimmt. Genauere Versuche hierüber verdanken wir Goßner[20]) (l. c. 143), welcher fand, daß das geschmolzene Salz zu einem kubischen Krystallaggregate erstarrt, welches sich beim Abkühlen zuerst in eine hexagonale (oder pseudohexagonale?) schwach doppeltbrechende Modification umwandelt, aus welcher dann die gewöhnliche rhombische, stark doppeltbrechende entsteht; beim Erwärmen liefert diese umgekehrt bei 80° die zweite und bei 151° die kubische Modification. Nach Wallerant[19]) (l. c. 328) ist die zweite Modification positiv doppeltbrechend und entspricht daher der bei gewöhnlicher Temperatur stabilen (pseudo-)hexagonalen Form des Cäsiumnitrates; die Temperatur ihrer Umwandlung in die kubische Modifikation nimmt er auf Grund seiner Schmelzdiagramme von Mischungen zu 125° an.

Die Versuche von Fock[26]) und Stortenbeker[27]) haben gelehrt, daß Thallonitrat mit salpetersaurem Kalium in wässeriger Lösung nur in sehr beschränktem Maße Mischkrystalle bildet, nämlich solche von $NO_3K$ mit

---

24) Stortenbeker, Zeitschr. f. phys. Chemie 1903, **43**, 632. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 296.

25) Van Eyk, Zeitschr. f. phys. Chemie 1899, **30**, 440. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **35**, 379.

26) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1897, **28**, 363.

27) Stortenbeker, Recueil d. trav. chim. Pay-Bas 1905, **24**, 64. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **43**, 599.

höchstens 3% $NO_3Tl$, während umgekehrt das letztere Salz etwas mehr des ersteren aufzunehmen vermag, nach Stortenbeker ca. 10%. Van Eyk[25]) (l. c. 430) erhielt aus Schmelzen von Gemengen der beiden Nitrate beim Erstarren ebenfalls nur dann Mischkrystalle, wenn das eine Salz vorwaltete, bei mittlerer Zusammensetzung der Schmelzen Gemenge beider Arten von Mischkrystallen; irrtümlicherweise hielt er die thalliumreichen Mischkrystalle für trigonal, wie die thalliumarmen, während es sich hier um zwei ganz verschiedene Modificationen handelt, und da er außerdem die beim Erstarren entstehende kubische Modification ganz übersehen hat, so sind seine Angaben über die Umwandlungen, welche die Mischkrystalle erfahren, zur Bestimmung der verschiedenen Modificationen nicht brauchbar. Später[28]) corrigierte er seine Angaben, ohne indes durch optische Bestimmungen die einzelnen Modificationen näher zu charakterisieren. Wallerant[19]) (l. c. 359) untersuchte ebenfalls die Erstarrungsverhältnisse gemischter Schmelzen beider Salze von bestimmter Zusammensetzung und fand folgendes: Mischungen von Thallonitrat mit höchstens 5% Salpeter bilden beim Abkühlen nach einander dieselben drei Modificationen, wie das reine Thalliumsalz, und zwar sinken der Schmelzpunkt und der Umwandlungspunkt der kubischen in die hexagonale Modification mit zunehmendem Kaliumgehalte, während der Umwandlungspunkt der hexagonalen in die rhombische Modification steigt; wenn der Gehalt an Kaliumnitrat 5% übersteigt, so erstarrt die Schmelze bei 172° zu einem Conglomerate von kubischen und trigonalen, negativ doppeltbrechenden Krystallen, von welchen die ersteren, offenbar die thalliumreicheren, sich bei 122° in hexagonale, schwach positiv doppeltbrechende Krystalle und bei ca. 90° in die rhombischen der gewöhnlichen Modification des Thallonitrates umwandeln, während die trigonalen, jedenfalls die kaliumreicheren, bei 90° in die gewöhnliche Salpeterform übergehen; enthält die Schmelze über 33% $NO_3K$, so erstarrt sie einheitlich zu trigonalen, optisch negativen Krystallen, welche sich beim Abkühlen in die bei gewöhnlicher Temperatur stabile Modification des Salpeters umwandeln, sie verhält sich also, abgesehen von der Höhe des Erstarrungs- und des Umwandlungspunktes, welche mit steigendem Thalliumgehalte sinken, wie eine Schmelze von reinem Kalisalpeter. Hierdurch ist also unzweifelhaft festgestellt, daß die beiden rhombischen Formen von $NO_3Tl$ und $NO_3K$ nicht isomorph sind, sondern zwei einander nicht entsprechenden Modificationen angehören.

Geschmolzene Mischungen von Thallonitrat mit Rubidiumnitrat liefern nach Wallerant[19]) (l. c. 354) beim Erstarren, wie zu erwarten ist, zunächst die kubische Modification, welche sich dann in die hexagonale umwandelt bei einer Temperatur, die mit zunehmendem Rubidiumgehalte steigt. Nur solche Mischungen, in denen das Thalliumsalz stark vorherrscht, zeigen unter 80° noch eine Umwandlung in die gewöhnliche rhombische Form

28) Van Eyk, Zeitschr. f. phys. Chemie 1905, 51, 721.

des Thallonitrates, und solche, die vorwiegend aus Rubidiumsalz bestehen, erstarren zunächst in der trigonalen Modification des reinen Rubidiumnitrates und gehen erst bei weiterer Abkühlung in die kubische Modification über; da aber der Erstarrungspunkt mit steigendem Thalliumgehalte sinkt, der Umwandlungspunkt dagegen steigt, so hört das Existenzgebiet dieses, der dritten Modification des Rubidiumsalzes, schon bei einem Gehalte der Mischung von 25% $NO_3Tl$ auf. Die Mischungen von Thallonitrat mit Cäsiumnitrat erstarren natürlich sämtlich in der kubischen Modification; diese wandelt sich bei einer Temperatur, welche mit der Zusammensetzung der Mischung variiert, in die hexagonale Modification um, und letztere bleibt auch bei gewöhnlicher Temperatur stabil, außer wenn das Thalliumnitrat sehr stark vorwaltet; alsdann findet noch eine Umwandlung in die gewöhnliche rhombische Form des Thalliumsalzes statt, und zwar sinkt dieser Umwandlungspunkt von 80°, dem des reinen $NO_3Tl$, so rasch, daß er für Mischungen mit 10% Cäsiumsalz bei 45° und für wenig cäsiumreichere bei gewöhnlicher Temperatur liegt.

**Ammoniumnitrat** = $NO_3NH_4$ krystallisiert aus wässeriger Lösung bei gewöhnlicher Temperatur in rhombischen Krystallen, welche jedoch eine völlig andere Form besitzen, als diejenigen des Salpeters, nämlich eine solche von pseudotetragonalem Charakter. Dieselben wandeln sich beim Erhitzen, wie zuerst Lehmann[29]) nachgewiesen hat, in eine zweite, scheinbar ebenfalls rhombische, dann in eine optisch einaxige, endlich in eine einfachbrechende vierte Modification um; umgekehrt bildet sich die letztere aus dem Schmelzflusse in Krystallskeletten, welche den ikositetraëdrischen Wachstumsformen des Ammoniumchlorides sehr ähnlich sind; sie ist stabil bis 124°, die dritte von da bis 83°, die zweite zwischen 83° und 32°, die erste endlich von da abwärts (s. Einleitung in die chem. Kryst. S. 14—15). Nach Wallerant[19]) (l. c. 315) ist die dritte Modification nicht, wie Lehmann anfangs annahm, trigonal, sondern tetragonal und positiv doppeltbrechend; sie geht bei 82° in die stärker doppeltbrechende zweite über, deren Prismen sich hierbei mit ihrer Längsrichtung parallel einer zweizähligen Axe der tetragonalen Krystalle orientieren; durch Zufügung einer kleinen Menge $NO_3K$ zu dem Schmelzflusse wird der untere Umwandlungspunkt der zweiten Modification (32°) erniedrigt, so daß sie noch bei gewöhnlicher Temperatur stabil bleibt; alsdann kann man durch Druck darin Zwillingslamellen hervorrufen, aus welchen auf eine monokline Symmetrie derselben zu schließen ist. Andererseits beobachtete Wallerant, daß die Umwandlung der tetragonalen dritten Modification in die weniger dichte zweite nicht stattfinden kann, wenn jene einem Drucke unterworfen wird; alsdann entsteht vielmehr direct die erste, rhombische Modification, welche die größere Dichte besitzt; deren Krystalle zeigen alsdann zahlreiche Zwillingslamellen. Diese, in gewöhnlicher Temperatur stabile, Modification erfährt

29) O. Lehmann, Zeitschr. f. Krystall. 1877, 1, 106.

nach W. bei der Abkühlung auf —16° eine Umwandlung in eine weniger dichte, optisch einaxige von positiver und etwas schwächerer Doppelbrechung, als die tetragonale dritte Modification sie besitzt; die Krystalle derselben sind ebenfalls tetragonal und so gegen die rhombischen, aus denen sie entstehen, orientiert, daß ihre optische Axe senkrecht zur Axenebene der letzteren gerichtet ist, d. h. die gegenseitige Stellung ist genau die gleiche, wie bei der Umwandlung der dritten in die zweite. Die aus der kubischen Modification bei 124° entstandene tetragonale bleibt, wenn derselben etwas Cäsiumnitrat hinzugefügt war, auch bei der stärksten Abkühlung stabil, wandelt sich jedoch durch Druck in die rhombische um, und zwar genügt bei 20° ein sehr schwacher Druck; während aber bei einem sehr geringen Cäsiumgehalte nach dem Aufhören des Druckes die Umwandlung wieder rückgängig wird, ist dies bei etwas größerem Gehalte an $NO_3Cs$ nicht mehr der Fall. Aus diesen Beobachtungen schließt Wallerant, daß die bei —16° entstehende tetragonale Modification mit der zwischen 124° und 83° stabilen identisch ist und daß die Curve, welche die Stabilitätsgebiete der tetragonalen und der rhombischen Modification bei veränderlichem Drucke trennt, beim reinen Salze die dem Atmosphärendrucke entsprechende Abscissenaxe zweimal, bei 42° und bei —16°, schneidet, während sie durch Zusatz von $NO_3Cs$ nach der Richtung steigenden Druckes verschoben wird, so daß sie bei einem gewissen $Cs$-Gehalte jene Abscissenaxe an zwei in der Nähe von 20° gelegenen Punkten und bei noch größerem gar nicht mehr schneidet. Die angeführte Temperatur 42° entspricht der directen Umwandlung der tetragonalen Modification in die rhombische, welche nur bei Unterkühlung eintritt; anderenfalls schiebt sich zwischen beide Gebiete noch dasjenige der zweiten, nach Wallerant monoklinen Modification ein.

Wie S. 61 gezeigt wurde, ist eine Isomorphie des Kaliumnitrates mit dem Natriumsalze nicht anzunehmen, und daher ist auch eine solche des Ammoniumnitrates mit letzterem sehr unwahrscheinlich. Retgers[4]) (l. c. 621) hat indessen aus Lösungen beider Salze Rhomboëder von Natriumnitrat erhalten, welche beträchtliche Mengen $NO_3NH_4$ enthielten, sowie natronhaltige rhombische Mischkrystalle, doch sind dieselben wegen der Zerfließlichkeit des Ammoniumnitrates nicht näher untersucht worden.

Versuche zur Darstellung isomorpher Mischungen von Ammoniumnitrat mit Kaliumnitrat bei der Krystallisation gemischter wässeriger Lösungen haben Lehmann[29]) (l. c. 109), Retgers[4]) (l. c. 622) und Goßner[20]) angestellt und übereinstimmend gefunden, daß keine continuierliche Mischungsreihe existiert; das rhombische Ammoniumsalz vermag ohne Änderung seines Krystallhabitus, nach den von Goßner bestimmten spec. Gewichten der Mischkrystalle, bis ca. 40% $NO_3K$ aufzunehmen; umgekehrt krystallisiert der Salpeter auch mit $NO_3NH_4$ zusammen, aber nur mit erheblich geringeren Mengen. Wie diese beiden Arten von Mischkrystallen sich beim Erhitzen verhalten, ist nicht untersucht worden. Schmelzen von Ammoniumnitrat

mit einem höchstens 7% betragenden Zusatze von $NO_3K$ zeigen nach Wallerant[19] (l. c. 346) beim Abkühlen nach einander alle vier Modificationen des reinen Salzes, nur werden der Erstarrungspunkt und die Umwandlungspunkte 125° und 32° durch den Zusatz erniedrigt, die Umwandlungspunkte 82° und —16°, entsprechend dem Sinne der Dichteänderung, erhöht; übersteigt der Zusatz 7%, so entsteht beim Erstarren ein Conglomerat von kubischen und negativ zweiaxigen Krystallen mit kleinem Axenwinkel, welche sich bei 123° in solche mit größerem Axenwinkel umwandeln, während die kubischen bei 110° in tetragonale übergehen und bei 104° sich alle Krystalle in die monoklinen der zweiten Modification umwandeln; ist der Gehalt an Kaliumnitrat über 20%, so liefert die Erstarrung negativ doppeltbrechende Krystalle mit kleinem Axenwinkel, welche bei weiter steigendem Kaliumgehalte einaxig werden und schließlich in die trigonale Modification des Kaliumnitrates übergehen; dieselben wandeln sich bei ca. 125° in schwächer doppeltbrechende Krystalle mit größerem Axenwinkel um, deren Eigenschaften sich um so mehr dem des gewöhnlichen rhombischen Salpeters nähern, je höher der Kaliumgehalt steigt; während diese Krystalle aber bei den kaliumreichsten Mischungen beim Abkühlen auf gewöhnliche Temperatur stabil bleiben, wandeln sich dieselben, wenn die Schmelze mehr als 30% $NO_3NH_4$ enthielt, in ein Gemenge mit der monoklinen Modification und bei einem Gehalte von mehr als 55% ganz in die letztere um. Aus heißer Lösung erhielt auch schon Lehmann[11]) rhomboëdrische Mischkrystalle von Kalium- und Ammoniumnitrat neben den Wachstumsformen der dritten Modification des letzteren Salzes, welche er hier auch bereits als »tetragonal(?)« bezeichnet.

Aus Lösungen, welche Ammonium- und Rubidiumnitrat enthalten, bilden sich nach Goßner (Privatmitt.) bei gewöhnlicher Temperatur, je nach dem Verhältnisse der beiden Salze, entweder rhombische Krystalle von der Form der bei gewöhnlicher Temperatur stabilen Form des $NO_3NH_4$, deren spec. Gewicht aber von dem des reinen Ammoniumsalzes, 1,730, bis 2,08 hinaufgeht, oder anscheinend positiv einaxige, also der pseudohexagonalen Modification des $NO_3Rb$ entsprechende, deren Dichte von der des reinen Rubidiumsalzes, 3,116, bis auf 2,52 herabgeht; es liegt also eine ziemlich weitgehende Mischbarkeit vor, d. h. eine isodimorphe Mischungsreihe mit einer Lücke im mittleren Teile. Bildung einer dritten Modification aus Mischungen von mittlerem Gehalte konnte nicht beobachtet werden. Die Untersuchung gemischter Schmelzen von Ammonium- und Rubidiumnitrat durch Wallerant[19]) (l. c. 341) ergab, daß bei einem Zusatze des letzteren bis 25% noch alle vier Modificationen des reinen Ammoniumsalzes, nur mit geänderten Umwandlungstemperaturen, auftreten; bei etwas größerem Rubidiumgehalte verschwindet die monokline Modification, und die kubische wandelt sich nicht direct in die quadratische, sondern vorher in die pseudohexagonale des reinen Rubidiumnitrates um; bei 40—50% $NO_3Rb$ entsteht aus dieser eine rhombische Modification, welche bei keiner der beiden Componenten

der Mischung bekannt ist und in ihren Eigenschaften mit der bei gewöhnlicher Temperatur stabilen Form des Thallonitrates übereinstimmt; diese geht bei etwa 10° in die erste rhombische Form des Ammoniumsalzes über; waltet endlich das Rubidiumsalz vor, so kommt auch die letztere Modification nicht mehr zustande, und von 80% $NO_3Rb$ ab verhält sich die Schmelze beim Erstarren wie eine solche von reinem Rubidiumsalze, nur mit dem Unterschiede, daß die trigonale Modification schon bei einem kleinen Zusatze von Ammoniumnitrat verschwindet, die Schmelze also dann kubisch erstarrt und sich beim Abkühlen in die pseudohexagonale Modification umwandelt, welche auch in niederer Temperatur stabil bleibt. Ein einfacheres Verhalten zeigen die ebenfalls von Wallerant[19]) (l. c. 331) untersuchten Schmelzen von Ammonium- und Cäsiumnitrat: es verschwinden hier die rhombische und monokline Modification des ersteren schon bei kleinem Gehalte an Cäsiumsalz, und die beim Erstarren aller Mischungen entstehenden kubischen Krystalle wandeln sich in quadratische um, von 15% $NO_3Cs$ ab jedoch vorher in die hexagonale (bzw. pseudohexagonale) Modification des letzteren; bei einem Gehalte von 25—50% Cäsiumnitrat entsteht ein Gemenge der tetragonalen Modification mit der hexagonalen, und bei vorwiegendem Gehalte der Schmelze an Cäsiumsalz nur die letztere, d. h. sie verhält sich vollkommen wie eine solche von reinem $NO_3Cs$, und zwar sinkt der Umwandlungspunkt der kubischen Modification mit steigendem Ammoniumsalzgehalte bis auf 100° bei 60% und steigt dann wieder.

Mischungen von Ammonium- und Thallonitrat hat ebenfalls Wallerant[19]) (l. c. 339) untersucht. Betreffs der Versuche in Lösungen gibt er nur an, daß die Resultate im Wesentlichen übereinstimmen mit den folgenden, von ihm l. c. 336 aus dem Schmelzflusse von Mischungen erhaltenen: Wie zu erwarten ist, erstarren alle Mischungen kubisch. Von den vier Modificationen des Ammoniumsalzes verschwindet die monokline schon bei einem Zusatze von 8—10%, die rhombische bei einem Zusatze von 12—15% $NO_3Tl$ (durch Druck werden diese Grenzen verschoben, wie bei den Mischungen von $NO_3NH_4$ und $NO_3Cs$), so daß von da ab die aus den kubischen Krystallen entstehenden tetragonalen noch bei allen niedrigeren Temperaturen stabil bleiben; jedoch zeigen dieselben optische Zweiaxigkeit, und zwar ist die Axenebene parallel der Trace der Zwillingslamellen, welche sich in der tetragonalen Modification des reinen Ammoniumnitrates || {110} sehr leicht durch Druck erzeugen lassen, während bei den zweiaxigen Mischkrystallen durch Druck außer jenen Lamellen noch zahlreiche nach {100} entstehen; der Axenwinkel wird mit steigendem Ammoniumgehalte größer, ist aber immer nur klein (bis 12°); durch Erwärmen auf 35° werden die zweiaxigen Mischkrystalle einaxig, und zwar findet der Übergang allmählich statt. Die aus Schmelzen, welche zwischen 42% und 68% $NO_3Tl$ enthalten, beim Erstarren entstehenden kubischen Krystalle zerfallen bei 104° in ein Gemenge von tetragonalen und hexagonalen, von denen die letzteren sich bei 68° in rhombische umwandeln. Enthält die kubisch erstarrte Mischung mehr als

68% $NO_3Tl$, so wandelt sie sich in eine hexagonale Modification und diese bei weiterer Abkühlung in eine rhombische um, welche beide Modificationen vollkommen mit der hexagonalen bzw. rhombischen Modification des reinen Thalliumsalzes übereinstimmen; die beiden Umwandlungspunkte, welche für $NO_3Tl$ bei 125° (s. S. 64) und 80° liegen, sinken bei zunehmender Beimischung von $NO_3NH_4$ bis auf 104° bzw. 68°.

Während im allgemeinen die Beziehungen zwischen den analogen Salzen von Kalium, Rubidium, Cäsium, Thallium und Ammonium derartig sind, daß die drei ersten, oft auch mit dem vierten, direct isomorphe Krystalle bilden, das Ammoniumsalz aber zu ihnen im Verhältnisse der Isodimorphie steht, handelt es sich, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, bei den Nitraten um außerordentlich complicierte Verhältnisse der Polymorphie bzw. Isomorphie. Sieht man von der labilen Modification, welche sich aus unterkühlten Schmelzen von $NO_3K$ und $NO_3(K,Rb)$ nach Wallerant bildet, ab und betrachtet die optisch zweiaxigen Krystalle mit kleinem Axenwinkel, die er in Schmelzen von der Zusammensetzung $NO_3(NH_4, K)$ neben kubischen beobachtete, als optisch anomal und der tetragonalen Modification des Ammoniumnitrates angehörig, so ergeben sich immer noch acht von einander sicher verschiedene Modificationen in dieser isopolymorphen Gruppe:

1. Die pseudohexagonale Form des gewöhnlichen Salpeters, in welcher Rubidium-, Cäsium-, Thallo- und Ammoniumnitrat aus Lösungen nur in Mischungen mit stark überwiegendem Kaliumgehalte krystallisieren. Nach Wallerant[19]) (l. c. 351) wird eine übersättigte Lösung des Ammoniumsalzes auch durch ein Partikel von Salpeter zur Krystallisation gebracht. Bei erstarrten Schmelzen einer Mischung von $NO_3K$ mit $NO_3NH_4$ erscheint diese Modification innerhalb gewisser Temperaturgrenzen selbst bei ziemlich hohem Gehalte an letzterem stabil.

2. Die rhombische Form des Thallonitrates, welche nach S. 69 oben sich auch bei gewissen Mischungen von $NO_3NH_4$ und $NO_3Rb$ aus dem Schmelzflusse bildet.

3. Die pseudotetragonal-rhombische, bei gewöhnlicher Temperatur stabile Form des Ammoniumnitrates, welche aber auch ziemlich erhebliche Mengen des Kalium- und des Rubidiumsalzes aufzunehmen vermag; Krystalle dieser Form von reinem $NO_3K$ oder Mischungen, in welchen dieses überwiegt, wurden noch nicht beobachtet.

4. Die nach Wallerant monokline zweite Modification des Ammoniumsalzes, welche auch in erstarrten Schmelzen von $NO_3NH_4$ mit 10—45% $NO_3K$, sowie aus solchen mit wenig $NO_3Rb$, krystallisiert.

5. Die tetragonale dritte Modification des Ammoniumnitrates, welche auch in erstarrten Schmelzen von $NO_3NH_4$, welche bis 40% $NO_3Rb$ oder bis 25% $NO_3Cs$ enthalten, erscheint.

6. Die pseudohexagonale Form der schwach doppeltbrechenden Krystalle des Rubidium- und des Cäsiumnitrates; dieser gehören auch an: die Mischkrystalle von $NO_3Rb$ mit $NO_3NH_4$ mit vorherrschendem Rubidiumgehalte,

ferner die Erstarrungsproducte geschmolzener Mischungen von $NO_3Rb$ und $NO_3Cs$ mit $NO_3K$ und $NO_3NH_4$, wenn die ersteren Salze darin überwiegen, endlich wahrscheinlich auch das Thallonitrat zwischen 80° und 151°.

7. Die kubische Modification, welche bei den Nitraten von Rubidium und Cäsium über 160°, bei $NO_3Tl$ über 151° und bei Mischungen von vorherrschendem $NO_3Cs$ mit $NO_3K$ bereits über 110° stabil ist; außerdem tritt sie auf beim Ammoniumnitrat (über 124°) und bei Mischungen des letzteren mit $NO_3Rb$ oder $NO_3Cs$ in allen Verhältnissen. Beim Kaliumsalze oder bei Mischungen, in welchen dieses überwiegt, scheint dagegen diese Form nicht existenzfähig zu sein.

8. Die trigonale, stark doppeltbrechende Modification, welche über 129° die stabile Form des Kaliumnitrates darstellt; dieselbe Form zeigt in höherer Temperatur auch die Mischung mit Rubidiumnitrat und das reine Rubidiumsalz, letzteres aber erst über 219°; noch höher beginnt das Stabilitätsgebiet dieser Modification bei den Mischungen des Rubidiumnitrates mit dem Cäsiumsalze, und wenn diese über 25% des letzteren enthalten, so liegt die Temperatur der Umwandlung in diese Modification jenseits des Schmelzpunktes der Mischung. Ähnlich verhalten sich die Mischungen von $NO_3K$ und $NO_3Cs$. Während in erstarrten Schmelzen von Kaliumnitrat mit Ammoniumsalz die trigonale Form bis zu einem ziemlich hohen Gehalte an $NO_3NH_4$ zur Krystallisation gelangt, tritt sie in Mischungen mit über 80% und beim reinen Ammoniumnitrate nicht auf.

In der Mehrzahl der Fälle sind jedoch obige Modificationen nur auf mikroskopischem Wege nachgewiesen; gemessen wurden nur die erste am reinen Kalisalpeter, die zweite (und zwar nur angenähert) am reinen Ammoniumnitrate und die sechste am Rubidium- und Cäsiumsalze. Eine Untersuchung meßbarer Krystalle isomorpher Mischungen von Verbindungen dieser Gruppe ist bisher überhaupt noch nicht vorgenommen worden.

Von salpetersauren Salzen alkylierter Ammoniumbasen liegen einige Krystallbestimmungen vor: **Tetramethylammoniumnitrat** = $NO_3N(CH_3)_4$ bildet trigonale Krystalle, deren Winkel und Doppelbrechung an die der trigonalen Modification des Kaliumnitrates erinnert, während **Triäthylammoniumnitrat** = $NO_3NH(C_2H_5)_3$ in rhombischen Formen krystallisiert, welche denen des Salpeters so außerordentlich nahe stehen ($q:q$ entspricht $m:m$ des letzteren), daß man sie als isomorph damit bezeichnet hat; auch die optischen Eigenschaften zeigen dieselbe große Ähnlichkeit. Angesichts dieser merkwürdigen Übereinstimmung wäre es von großem Interesse, die Krystallformen der übrigen Methyl- und Äthylderivate des Ammoniumnitrates, welche meist von Franchimont[30]) dargestellt worden sind, zu bestimmen. **Tetraisoamylammoniumnitrat** = $NO_3N(iC_5H_{11})_4$ krystallisiert ebenfalls rhombisch, aber, wie zu erwarten, in Formen, welche von denen des vorigen Salzes erheblich abweichen.

---

30) Franchimont, Rec. trav. chim. Pay-Bas 1883, **2**, 339.

### Natriumnitrat = $NO_3Na$.

Spec. Gew. 2,271 Goßner[20]), 2,267 Krickmeyer[5]), 2,265 Retgers[31]) (die einzigen Bestimmungen nach der Schwebemethode; alle älteren Angaben sind niedriger und weniger genau).

Ditrigonal skalenoëdrisch.

$$\alpha = 102^\circ 42\tfrac{1}{2}' \quad (a:c = 1:0{,}8297 \text{ Wulff}^{32)}).$$

Die etwas hygroskopischen Krystalle zeigen gewöhnlich nur $r\{100\}$, doch beobachtete Schrauf[33]) an unreinen, aus einer Schwefelsäurefabrik erhaltenen Krystallen auch $c\{111\}$ und Rammelsberg[34]) neben $r\{100\}$ auch $o\{11\bar{1}\}$. Wulff[32]) stellte eingehendere Untersuchungen über die Krystallisationsverhältnisse des Salzes an, welche die Erzielung großer wasserklarer Rhomboëder zum Ersatze des Calcits in Polarisatoren bezweckten; er erhielt $c\{111\}$ bei Anwesenheit von Ammoniumnitrat in der Lösung, sonst nur zufällig und unvollkommen ausgebildet, ferner Flächen von $o\{11\bar{1}\}$, manchmal vorherrschend, bei Zusatz von Natriumsilicat zur Lösung. Zwillinge wurden von Wulff beobachtet: 1) nach $d\{110\}$, meist nach der gemeinsamen Rhomboëderkante prismatisch; 2) nach $c\{111\}$ als Durchdringungszwillinge an Exemplaren, welche mit verticaler Hauptaxe aufgewachsen waren; 3) nach $o\{11\bar{1}\}$ aus Lösungen mit Zusatz von Natriumchlorid; 4) nach $r\{100\}$ selten, allein oder in Combination mit dem 3. Gesetze.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wulff: | Rammelsberg: | Brooke[35]): | Schrauf: | Sénarmont[34]: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | — | *73° 37′ | 73° 30′ | 73° 30′ | 74° 10′ | 73° 27′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | 43° 46½′ | — | — | — | — | — |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | 100 18 | — | 100 20 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $r\{100\}$ vollkommen, nach $d\{110\}$ und $c\{111\}$ unvollkommen (Wulff). Gleitflächen sind die Flächen von $d\{110\}$, nach welchen, ebenso wie beim Calcit, Zwillingsbildung durch Druck hervorgebracht werden kann; diese zuerst von Ulrich beobachtete Eigenschaft wurde von Tschermak[36]), Wulff[32]), Mügge[37]) und Cesàro[38]) eingehender studiert und die vollständige Analogie des Verhaltens mit dem des Calcits festgestellt.

Die Ätzfiguren, mit Schwefelsäure auf Spaltungsflächen von $r\{100\}$ hervorgebracht, werden, wie beim Calcit, durch ein oberes und ein unteres Skalenoëder der Kantenzone von $r$ gebildet.

Doppelbrechung negativ, außerordentlich stark. Brechungsindices:

Linie $B$: $\omega =$ 1,5793 Schrauf[33]) $\quad \varepsilon =$ 1,3346 Schrauf[33])

» $D$: $\omega =$ 1,5874 Schrauf[33]), 1,5852 Cornu[39]), 1,5854 Kohlrausch[40]) $\quad \varepsilon =$ 1,3361 Schrauf[33]), 1,3348 Cornu[39]), 1,3369 Kohlrausch[40])

31) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1889, **3**, 313. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 623.

32) L. Wulff, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1895, 715; 1896, 135 u. 879. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 402 u. **30**, 630.

33) Schrauf, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1860, **41**, 784.

34) Rammelsberg, Handb. d. krystall. u. phys. Chemie, Leipzig 1881, 348.

35) Brooke, Annals of Philos. 1823, **21**, 452.

36) Tschermak, Min. u. petrogr. Mitt. 1882, **4**, 116. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **7**, 511.

37) Mügge, N. Jahrb. f. Min. usw. 1898, **1**, 119. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **33**, 172.

38) Cesàro, Bull. Acad. R. Belg. 1903, 438. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 112.

39) Cornu, Ann. Éc. Norm. Sup. Paris 1874, (2) **5**, 45.

40) F. Kohlrausch, Wiedemanns Ann. d. Phys. 1878, **4**, 28. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **2**, 101. S. auch W. Kohlrausch, ebenda 1879, **6**, 427. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **4**, 621.

Linie $E$: $\omega = 1{,}5954$ Schrauf[33]) $\varepsilon = 1{,}3374$ Schrauf[33])
» $H$: $\omega = 1{,}6260$ Schrauf[33]) $\varepsilon = 1{,}3440$ Schrauf[33]).

Absorptionsstreifen beobachtete Agafonoff[41]) zwischen den Cadmiumlinien 12 und 17.

Diamagnetisch, positiv. Wärmeleitung am größten parallel der Hauptaxe.

## Silbernitrat = $NO_3Ag$.

Spec. Gew. 4,352 Retgers[4]).

Rhombisch bisphenoidisch.

$$a : b : c = 0{,}9430 : 1 : 1{,}3697 \text{ Brooke}^{42})$$

Die von Brooke gemessenen Krystalle zeigten vorherrschend $c\{001\}$ in Combination mit einer Bipyramide $o\{111\}$ und dem Prisma $n\{210\}$, entweder die erstere oder das letztere stark vorherrschend. Scacchi[43]) beobachtete bei rascher Krystallisation die Bildung nahe quadratischer Täfelchen nach $c\{001\}$ mit den Randflächen der Bipyramide $\{111\}$, während er aus langsam verdunstender Lösung, welcher vorteilhaft etwas Salpetersäure zugesetzt wird, die Combination Fig. 466 erhielt: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$ und ein weiteres Bisphenoid $u$, für welches weder Messungen, noch ein Symbol angegeben werden.

Fig. 466.

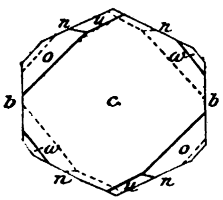
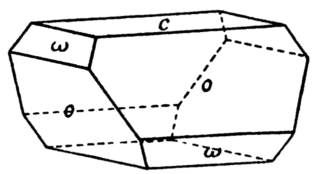



Fig. 467.




Rammelsberg[34]) (l. c. 352) gibt diesem das Zeichen $\{211\}$ und führt außerdem noch die Formen $r\{101\}$ und $b\{010\}$ an. Nach H. Rose[10]) (l. c. 437) entstehen bisphenoidisch ausgebildete Krystalle auch aus Lösung mit $NO_3Na$; dieselben enthielten 1,5% des letzteren. Jaeger[44]) beobachtete dieselben Combinationen wie Brooke, und Groth (unveröff. Beob.) den in Fig. 467 dargestellten Habitus. Nach Scacchi kommen auch Zwillinge nach $c\{001\}$ vor.

| | Berechnet: | Beobachtet: Brooke: | Rammelsberg: | Scacchi: |
|---|---|---|---|---|
| $o : \omega = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 75° 40′ | — | — | 76° 10′ |
| $o : \omega' = (111) : (\bar{1}11) =$ | 81 9 | — | — | — |
| $o : \omega_, = (111) : (11\bar{1}) =$ | — | *53° 12′ | 53° 10′ | 53 10 |
| $o : n = (111) : (210) =$ | 32 0 | — | — | — |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0) =$ | — | *50 29 | 49 30 | — |
| $r : r = (101) : (\bar{1}01) =$ | 110 54 | — | — | — |

Ätzfiguren auf $c\{001\}$, mit 40—50% Alkohol erhalten, sind von symmetrischer Gestalt, aber gegen die Krystallaxen gedreht (Jaeger[44])).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $c$. Axenwinkel in Öl 74° 20′, in Luft 125° 44′, Dispersion $\varrho < v$ (Lang[45])). Des Cloizeaux[3])

41) Agafonoff, Verh. russ. min. Ges. 1902, **39**, 497. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 494.
42) Brooke, Annals of Philos. 1824, **23**, 162.
43) Scacchi, Nuovo Cimento 1855, **1**, 169. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1860, **109**, 367.
44) Jaeger, Zeitschr. f. Krystall. 1903, **37**, 343.
45) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **31**, 102.

gab früher (l. c. 314) die Axenebene irrtümlich $\parallel b\{010\}$ an und teilte die Werte $2V = 62^\circ 16'$, $\alpha = 1{,}729$, $\gamma = 1{,}788$ nach Brewster mit; später[46]) verificierte er jene Angabe und beobachtete den Axenwinkel in Öl für Rot = $75^\circ 6'$, für Blau = $76^\circ 59'$, woraus folgt: $2E = 126^\circ 37'$ rot, $133^\circ 50'$ blau.

## Kaliumnitrat (Salpeter) = $NO_3K$.

Spec. Gew. 2,111 Goßner[20]), 2,109 Retgers[4]) (unter den meist zu niedrigen älteren Bestimmungen stehen die besten diesen Werten am nächsten).

Rhombisch. $a : b : c = 0{,}5910 : 1 : 0{,}7011$ Miller[47]).

Fig. 468.

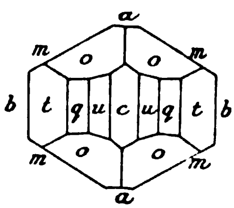



Fig. 469.

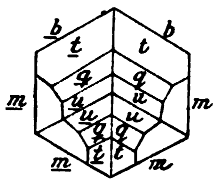
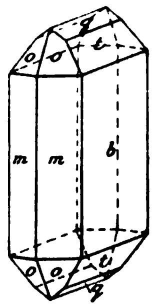



Fig. 470.




Gewöhnlich pseudohexagonale Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$ mit den Endflächen $q\{011\}$; Miller beobachtete die flächenreiche Endigung Fig. 468: $o\{111\}$, $t\{021\}$, $q\{011\}$, $u\{012\}$, $c\{001\}$ mit $a\{100\}$ und Zwillinge nach $m\{110\}$ (Fig. 469), Schrauf[33]) (l. c. 787) die Combination (Fig. 470): $b\{010\}$, $m\{110\}$, $t\{021\}$, $o\{111\}$, $q\{011\}$, einmal auch $t\{021\}$ vorherrschend, am Ende $o\{111\}$ mit schmalem $m\{110\}$. Rammelsberg[34]) (l. c. 346) gibt außerdem als beobachtet an: $n\{210\}$, $v\{041\}$, Vernadsky[48]): $w\{014\}$, $i\{112\}$, $x\{116\}$ und $k\{025\}$. Letzterer fand $\{010\}$, $\{012\}$ und $\{021\}$ an beiden Polen der $b$-Axe ungleich ausgebildet und ebenso die Ätzfiguren auf $m\{110\}$ nicht symmetrisch nach $\{010\}$, daher er die Krystalle als rhombisch pyramidal betrachtet.

| | Berechnet: Miller: | Beobachtet: Schrauf: | Rammelsberg: | Vernadsky: |
|---|---|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ = | $61^\circ 10'$ | $61^\circ 11'$ | $60^\circ 36'$ | $61^\circ 11'$ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1)$ = | 70 3½ | — | 70 12 | 70 4 |
| $t : c = (021) : (001)$ = | 54 30 | 54 32½ | 54 18 | — |
| $u : c = (012) : (001)$ = | 19 19 | — | — | 19 28½ |
| $o : a = (111) : (100)$ = | 45 50 | — | — | 45 52 |
| $o : b = (111) : (010)$ = | 65 41 | — | — | — |
| $o : c = (111) : (001)$ = | 54 1½ | — | — | 54 3 |
| $q : m = (011) : (110)$ = | 73 1 | — | — | 73 0½ |
| $t : m = (021) : (110)$ = | 65 32 | — | — | 65 35 |

Der Winkel $q : q = (011) : (0\bar{1}1)$ wächst bei einer Temperaturerhöhung von $100^\circ$ um $44'$, während der Winkel $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ sich hierbei nicht wesentlich ändert.

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ deutlich, nach $b\{010\}$ unvollkommen. Gleitflächen: $m\{110\}$.

Doppelbrechung negativ, Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $c$. Brechungsindices nach Schrauf[33]):

---

46) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 41 (Mém. Sav. Étrang. Acad. Paris 1867, **18**, 531).

47) Miller, Philos. Magaz. 1840, (3) **17**, 38. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1840, **50**, 376.

48) Vernadsky, Bull. Soc. Imp. Nat. Moscou 1897, Nr. 2, 292. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 518.

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ ber. | $2E$ ber. |
|---|---|---|---|---|---|
| Linie $B$: | 1,3328 | 1,4988 | 1,4994 | 6°11′ | 9°17′ |
| » $D$: | 1,3346 | 1,5056 | 1,5064 | 7 12 | 10 51 |
| » $E$: | 1,3365 | 1,5124 | 1,5135 | 8 5 | 12 14½ |
| » $H$: | 1,3436 | 1,5385 | 1,5405 | 10 22 | 15 58 |

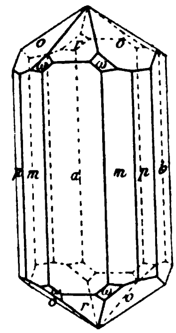
Des Cloizeaux[46]) (l. c. 42 bzw. 552) beobachtete $2E$ für Rot = 7°55′ bei 17° C., = 6°42′ bei 71½° C. und = 6°6′ bei 121° C.

## Rubidiumnitrat = $NO_3Rb$.

Spec. Gew. 3,131 Retgers[4]) (l. c. 597), 3,116 Goßner (nach Privatmitt. Mittel mehrerer Bestimmungen 3,110—3,120).

Rhombisch bipyramidal (pseudohexagonal).

Fig. 471.



$a:b:c = 1,7366:1:0,7108$ Jaeger.

Die früher für hexagonal gehaltenen Krystalle zeigen nach Jaeger (Privatmitt.), wenn sie durch sehr langsame Verdampfung einer wässerigen Lösung bei 17° entstanden sind, gewöhnlich die Combination (Fig. 471) zweier pseudohexagonaler Prismen $a\{100\}$, $m\{310\}$, $b\{010\}$, $p\{110\}$ mit einer pseudohexagonalen Bipyramide $r\{201\}$, $o\{111\}$, ferner untergeordnet $\omega\{311\}$ und zuweilen sehr klein: $s\{212\}$, $c\{001\}$ und $q\{011\}$. Bunsen[49]), welcher das Salz zuerst darstellte, beobachtete nur das zwölfseitige Prisma mit der pseudohexagonalen Bipyramide, Eakle[50]) außerdem auch $\omega$; letzterer hielt die Krystalle für trigonal.

| | Berechnet: | Beobachtet: Jaeger: | Eakle: | Bunsen: |
|---|---|---|---|---|
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *71°32½′ | — | — |
| $o:b = (111):(010) =$ | — | *56 39¾ | — | — |
| $m:a = (310):(100) =$ | 30° 3¼′ | 30 6 | — | — |
| $p:b = (110):(010) =$ | 29 56¾ | 29 55½ | — | — |
| $r:a = (201):(100) =$ | 50 41 | 50 36 | 50°51′ | 50°40′ |
| $r:o = (201):(111) =$ | 36 59½ | 37 1 | 36 42 | — |
| $r:m = (201):(310) =$ | 56 44 | 56 41 | — | — |
| $\omega:a = (311):(100) =$ | 45 2⅓ | 45 4½ | — | — |
| $s:b = (212):(010) =$ | 71 48 | 72 0 | — | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit (Eakle fand eine solche nach $c\{001\}$ deutlich, nach dem hexagonalen Prisma $bm$ unvollkommen).

Doppelbrechung positiv, schwach; Axenebene $b\{010\}$, Axe $c$ 1. Mittellinie des sehr kleinen Axenwinkels, Dispersion $\varrho > v$. Ungefähre Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1,51$, $\beta = 1,52$, $\gamma = 1,524$.

## Cäsiumnitrat = $NO_3Cs$.

Spec. Gew. 3,687 Richards[51]).

Dihexagonal bipyramidal (?). $a:c = 1,2358$ Bunsen[49]).

Die durch langsames Verdunsten bei 14° erhaltenen Krystalle sind nach Bunsen (l. c. 366 bzw. 281) prismatische Combinationen $m\{10\bar{1}0\}$, $a\{11\bar{2}0\}$ mit den hexagonalen Bipyramiden $d\{10\bar{1}2\}$, $o\{11\bar{2}3\}$ und $e\{11\bar{2}4\}$.

---

49) Kirchhoff u. Bunsen, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1861, **113**, 349. Bunsens Ges. Abhandl. Leipzig 1904, **3**, 266.

50) Eakle, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **26**, 584.

51) Richards, Proc. Amer. Acad. 1903, **38**, 443. Zeitschr. f. phys. Chemie 1904, **47**, 119.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:a = (11\bar{2}3):(11\bar{2}0) =$ | — | *50° 31′ |
| $o:o = (11\bar{2}3):(2\bar{1}\bar{1}3) =$ | 37° 4′ | 36 38 |
| $o:c = (11\bar{2}3):(11\bar{2}4) =$ | 7 46 | 8 0 |
| $d:m = (10\bar{1}2):(10\bar{1}0) =$ | 54 30 | 54 32 |

Spaltbarkeit nach $c\{0001\}$ deutlich (Goßner[20]) l. c. 142).

Doppelbrechung positiv, schwach; nach Wallerant[19]) (l. c. 326) wird dieselbe durch Erniedrigung der Temperatur noch geringer und ist in flüssiger Luft fast Null.

## Thallonitrat = $NO_3Tl$.

Spec. Gew. 5,550 Lamy[52]).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}5109:1:0{,}6507 \text{ Miller}^{53})$$

Die gewöhnlichsten Combinationen dieses Salzes sind: $o\{111\}$, $b\{010\}$, nach letzterem mehr oder weniger tafelig, und: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, nach der $c$-Axe kurzprismatisch; Miller beobachtete ferner noch die Formen: $i\{121\}$, $r\{101\}$, $n\{120\}$, während die späteren Messungen von Lang[54]) und Des Cloizeaux[52]) an den zuerst genannten einfachen Combinationen vorgenommen wurden. Rammelsberg[34]) (l. c. 351) beobachtete auch dünne Prismen $r\{101\}$ mit $o\{111\}$ am Ende. Die folgenden berechneten Werte sind diejenigen von Miller.

| | Berechnet: | Beobachtet: Lang: | Des Cloizeaux: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 54° 7½′ | 54° 2′ | 54° 15′ | — |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 91 14 | — | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 43 47 | 43 42 | 43 46 | 44° 0′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 93 45 | 93 51 | 93 42 | 93 40 |
| $o:m = (111):(110) =$ | 34 57½ | 34 49 | 34 55 | — |
| $i:i = (121):(1\bar{2}1) =$ | 77 34 | — | — | — |
| $i:i' = (121):(\bar{1}21) =$ | 75 38 | — | — | — |
| $i:n = (121):(120) =$ | 28 46 | — | — | — |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 103 44 | — | — | 104 8 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ unvollkommen (Des Cloizeaux).

Wallerant[19]) fand, daß in einer Platte $\parallel c\{001\}$ durch Druck Zwillingslamellen entstehen, deren Tracen zu einander ungefähr senkrecht stehen und denen des Prismas $n\{120\}$ entsprechen; er betrachtet daher die Krystalle als pseudotetragonal mit den Elementen $a:b:c = 1{,}0218:1:0{,}6507$.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2H = 68°32'$ rot, $69°35'$ blau; daraus: $2E = 111°16'$ rot, $114°59'$ blau (Des Cloizeaux). Der kleinste Brechungsindex $\alpha = 1{,}817$ für den hellsten Teil des Spectrums nach Miller.

## Ammoniumnitrat = $NO_3NH_4$.

Spec. Gew. 1,730 Goßner[20]) (l. c. 144), 1,725 Retgers[4]) (l. c. 598).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}9092:1:1{,}0553 \text{ Goßner.}$$

52) Lamy u. Des Cloizeaux, Ann. chim. phys. 1869, (4) **17**, 317.

53) Miller, Proceed. R. Soc. Lond. 1865, **14**, 555. Philos. Magaz. 1866, (4) **31**, 153.

54) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, **55**, 416.

Das Salz bildet gewöhnlich dünne pseudotetragonale Prismen *m*{110} ohne Endflächen, manchmal mit sehr schmalem *b*{010}; Marignac[55]) beobachtete außerdem als Endigung *q*{011} oder *o*{111}, seltener beide zusammen und zwischen ihnen *x*{122}. Lang[45]) (l. c. 101) untersuchte nur ungenau meßbare Krystalle der Combination: *m*{110}, *b*{010}, *o*{111}; meist Zwillinge und Drillinge, welche aber wegen der undeutlichen Ausbildung nicht bestimmt werden konnten. Lehmann[8]) (l. c. 108) erhielt aus wässeriger Lösung bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich gut ausgebildete Prismen *m*{110}, am Ende *o*{111} mit unvollkommenen Flächen. Wallerant[19]) (l. c. 318) beobachtete Zwillingslamellen nach *q*{011}. Eine genauere Messung der Krystalle führte neuerdings Goßner (Privatmitt.) aus; er beobachtete die Formen: *m*{110}, *b*{010}, *o*{111}, *q*{011}; die Krystalle zeigten zweierlei Ausbildungsweisen: sie waren entweder langprismatisch nach der *c*-Axe und zeigten dabei die Formen *m* und *o*, seltener noch untergeordnet *q* und *b*, oder sie erschienen tafelig nach *b* und zeigten dann noch in ungefähr gleich großer Ausbildung *m*, *o* und *q*.

| | Berechnet: | Beobachtet: | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Goßner: | Marignac: | Lang: | Lehmann: |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *84° 33′ | 84° 20′ | 82° 55′ | 84° 25′ |
| $m:o = (110):(111) =$ | — | *32 31 | 32 26 | 32 34 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 69° 7′ | 69 20 | 68 54 | 67 circa | 66°–68° |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 77 12 | — | 77 40 | — | — |
| $o:m' = (111):(1\bar{1}0) =$ | 85 28 | 85 10 | — | — | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 93 4 | — | 93 0 | — | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 60 47 | — | 60°–61° | — | — |
| $x:q = (122):(011) =$ | 21 46 | — | 20 –23 | — | — |

Spaltbarkeit nach *b*{010} deutlich.

Doppelbrechung negativ, stark; Ebene der optischen Axen *a*{100}; *b* erste Mittellinie; $2E = 57°$ ca. (Goßner), 59° 30′, Dispersion schwach, $\varrho < v$ (Lang).

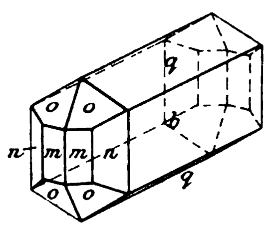
## Triäthylammoniumnitrat = $NO_3NH(C_2H_5)_3$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}7005:1:0{,}5708 \text{ Lang}[56]).$$

Die aus dem Laboratorium von A. W. Hofmann erhaltenen Krystalle sind nach Lang pseudohexagonale Prismen nach der Axe *a* mit den Formen (s. Fig. 472): *b*{010}, *q*{011}, mit den Endflächen: *o*{111}, *n*{120}, *m*{110}.

Fig. 472.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *59° 26′ |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 70° 2′ | 70 10 |
| $n:b' = (120):(010) =$ | — | *35 31 |
| $o:b = (111):(010) =$ | 66 8 | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 35 17 | 35 22 |

Doppelbrechung negativ; Axenebene *c*{001}, 1. Mittellinie Axe *a*, Axenwinkel sehr klein, Dispersion $\varrho < v$.

55) Ch. de Marignac, Annales des mines 1857, (5) **12**, 22. Oeuvres **1**, 499.

56) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, **55**, 417.

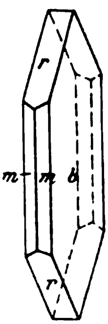
### Tetramethylammoniumnitrat = $NO_3N(CH_3)_4$.

Trigonal.

Wie das vor. Salz im Laboratorium von A. W. Hofmann dargestellt und von Lang[56]) untersucht. Dünne hexagonale Tafeln $c\{111\}$, durch ein positives und ein negatives Rhomboëder begrenzt, von welchen das eine $34\frac{1}{2}°$—$37\frac{1}{2}°$, das andere $44\frac{1}{3}°$—$47\frac{3}{4}°$ mit $c\{111\}$ bildet.

Doppelbrechung negativ, stark.

Fig. 473.




### Tetraisoamylammoniumnitrat = $NO_3N(iC_5H_{11})_4$.

Rhombisch.

$a:b:c = 0,5310:1:0,4795$ Lang[56]).

Die aus Hofmanns Laboratorium erhaltenen Krystalle sind nach Lang (l. c. 418) dünntafelförmige Combinationen (Fig. 473) von $b\{010\}$ (gerundet) mit $m\{110\}$ und $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 55°56'$ | $56°\ 9'$ |
| $r:r = (101):(\bar{1}01)$ | $= 84\ 10$ | $84\ 10$ |
| $r:m = (101):(110)$ | $= 53\ 42$ | $54\ \ 0$ |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$, $2E$ circa 50°.

## Wasserfreie Chlorate, Bromate, Jodate und Fluorojodate einwertiger Metalle und Atomgruppen.

Die Krystallformen der hierher gehörigen Salze des Lithiums sind unbekannt, ebenso diejenigen ihrer Hydrate.

**Natriumchlorat** = $ClO_3Na$ krystallisiert kubisch, und zwar bildet dieses Salz das am längsten bekannte Beispiel der tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen Klasse, dessen Symmetrie zuerst von Naumann[1]) richtig gedeutet wurde, und zugleich das erste Beispiel der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch einfachbrechende Krystalle, deren Nachweis wir Marbach[2]) verdanken; das Salz war daher der Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Vollkommen isomorph damit ist das **Natriumbromat** = $BrO_3Na$. Beide Körper bilden Mischkrystalle, welche nach Brauns[3]) stets optisch anomal zweiaxig sind, und zwar zeigen sie in hexaëdrischen Platten in der Mitte diagonale Auslöschungen, in den vier den Seiten anliegenden Partien eine optische Axe normal zur Plattenebene; der Axenwinkel beträgt 90° und wird von den Diagonalen der Hexaëderfläche, in welcher die Axen liegen, halbiert; dies entspricht dem Verhalten eines im elektrischen Felde doppeltbrechend werdenden Krystalles; beim Erwärmen werden diese optischen Anomalien allmählich geringer, und noch unter der Schmelztemperatur verschwinden sie vollständig und dauernd. Die kubische Form des Natriumchlorates bildet sich nicht nur aus der wässerigen Lösung, sondern auch

1) Naumann, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1835, **95**, 465.
2) Marbach, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1854, **91**, 482.
3) Brauns, N. Jahrb. f. Min. usw. 1898, **1**, 47. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **38**. 176.

aus dem Schmelzflusse; wird aber eine stark übersättigte Lösung der ruhigen Verdunstung überlassen, so entstehen, wie Mallard[4]) zuerst nachgewiesen hat, außerordentlich stark doppeltbrechende rhomboëdrische Wachstumsformen und auch isolierte Rhomboëder mit einem Kantenwinkel von 102°,4; diese wandeln sich nach einiger Zeit spontan, sofort aber bei Berührung mit der kubischen Modification in die letztere um; wird durch Bewegung der Lösung die Übersättigung aufgehoben und die Bildung kubischer Krystalle eingeleitet, so wachsen diese auf Kosten der trigonalen, welche sich dabei lösen, ehe sie sich umwandeln (eine Folge der größeren Löslichkeit der labilen Modification). Da der aus dem ebenen Winkel der Rhomboëder berechnete Flächenwinkel ihrer Polkanten, 74°,1, demjenigen des Natriumnitrates (73°37′) sehr nahe steht, so versuchte Mallard die Darstellung von Mischkrystallen; in der Tat erhielt er aus einer Lösung gleicher Teile beider Salze Rhomboëder, aus 89,3% $NO_3Na$ und 10,7% $ClO_3Na$ bestehend; ein besonders großer Krystall, welcher 11,3% des letzteren enthielt, ergab den Rhomboëderwinkel 74°20′; dieselbe Lösung lieferte schließlich neben einander trigonale Mischkrystalle mit einem Gehalte von 22,5% $ClO_3Na$ und flächenreiche kubische Krystalle von reinem Natriumchlorat. Die rhomboëdrischen Mischkrystalle besitzen eine negative Doppelbrechung, welche nicht merklich von derjenigen des reinen Natriumnitrates abweicht. Gegenüber der Behauptung Wyrouboffs[5]), daß die labile Modification des Natriumchlorates sich nur aus kaliumhaltigen Lösungen bilde und der Krystallform des Kaliumchlorates entspreche, stellte Retgers[6]) fest, daß dieselbe auch in Lösungen von vollkommen reinem $ClO_3Na$ entstehe. Die Angaben Mallards wurden bestätigt und ergänzt von Brauns[3]) (l. c. 42), welcher außer der negativ einaxigen, trigonalen Modification noch die Wachstumsformen einer zweiten labilen Modification beobachtete, welche optisch zweiaxig und wahrscheinlich rhombisch ist; beide wandeln sich spontan in die kubische um, die Rhomboëder oft unter Erhaltung ihrer Form, und sind letztere noch von Lösung umgeben, so wachsen sie kubisch weiter, indem sich kleine Würfel mit einer trigonalen Axe parallel der Hauptaxe des Rhomboëders auf ihnen absetzen. Aus dem Schmelzflusse erhielt Brauns nur die kubische Modification, und es gelang auch nicht, diese durch Erhitzen, ohne vorhergegangene Lösung, in die trigonale überzuführen. Nach Wyrouboffs Angabe[5]) erscheinen in der erstarrenden Schmelze, wenn dieselbe 1% $ClO_3K$ enthält, doppeltbrechende Krystalle, welche sich sehr schnell umwandeln; beträgt die Beimengung des Kaliumsalzes 5%, so findet ihre Umwandlung weit langsamer statt, bei einem Gehalte von 10% endlich erhalten sie sich 24 Stunden, und dieselbe Wirkung bringen Beimengungen von $NO_3K$, $NO_3Ag$ und besonders von $NO_3Na$ hervor; die entstehenden Krystalle sind monoklin, negativ zweiaxig ($2E = 25°$ ca.) und stimmen auch

4) Mallard, Bull. soc. fr. min. 1884, **7**, 349. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 654.
5) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 227. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 279.
6) Retgers, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **23**, 266.

in der Zwillingsbildung und der Spaltbarkeit mit dem monoklinen Kaliumchlorate überein, wandeln sich aber stets, wenn auch allmählich, in die einfachbrechende Modification um. Beim Natriumbromat genügen nach Wyrouboff schon sehr geringe Mengen beigemengten Kaliumsalzes, um die stark doppeltbrechenden Nadeln der monoklinen Form zu erhalten. Das reine Natriumbromat liefert, wie Brauns[3]) (l. c. 44) fand, bei der Ausscheidung aus übersättigter Lösung rhombische Täfelchen mit dem Kantenwinkel 62° ca., optisch zweiaxig mit starker Doppelbrechung; diese, offenbar der von demselben Autor nachgewiesenen zweiten labilen Form des Natriumchlorates entsprechende Modification wandelt sich, aber weniger rasch als die von $ClO_3Na$, in die kubische um, indem die Krystalle unter Erhaltung ihrer Form einfachbrechend werden; ist noch Lösung vorhanden, so lösen sie sich vor der Umwandlung. In gemischten Lösungen von $ClO_3Na$ und $BrO_3Na$ beobachtete Brauns die Ausscheidung beider beim Chlorate nachgewiesener labiler Modificationen; wenn sich hier zuerst rhombische Krystalle bilden, so entstehen dann plötzlich Rhomboëder, welche die ersteren rasch aufzehren und sich dabei so orientieren, daß ihre Hauptaxe mit der Längsrichtung der prismatischen rhombischen Krystalle zusammenfällt; die gleichen Erscheinungen zeigen auch Lösungen von $BrO_3Na$ und $NO_3Na$. Aus dem Schmelzflusse einer Mischung derselben beiden Salze erhielt Wallerant[7]) zwei Reihen von Mischkrystallen, optisch einaxige von der Form des Nitrates und kubische, wie das Bromat; die Mischungsreihe zeigt eine Lücke, und Mischungen von mittlerer Zusammensetzung liefern ein Conglomerat von Krystallen beider Arten. — Das bei gewöhnlicher Temperatur wasserhaltig sich ausscheidende **Natriumjodat** = $JO_3Na$ krystallisiert wasserfrei aus einer Lösung, deren Temperatur ihrem Siedepunkte nahe ist, und zwar in rhombischen Krystallen, welche keinerlei Beziehung zu denen des Chlorates bzw. Bromates erkennen lassen.

**Silberchlorat** = $ClO_3Ag$ und **Silberbromat** = $BrO_3Ag$ krystallisieren bei gewöhnlicher Temperatur aus Lösungen tetragonal und sind unzweifelhaft isomorph. Von dem ersteren Salze wurde eine zweite Modification nachgewiesen durch Lehmann[8]), welcher aus heißer Lösung große kubische Wachstumsformen erhielt, neben denen sich beim Abkühlen die tetragonalen Krystalle bildeten und jene rasch aufzehrten, wobei stets die kubischen Krystalle vorher gelöst wurden; auch aus dem Schmelzflusse erstarrt $ClO_3Ag$ kubisch und wandelt sich bei einer bestimmten Temperatur in die tetragonale Modification um. Mit dem Natriumchlorate bildet nun das Silbersalz isomorphe Mischungen, wie ebenfalls Lehmann[8]) (l. c. 384) auf mikroskopischem Wege zuerst gezeigt hat; er beobachtete neben einander kubische und tetragonale Mischkrystalle. Eingehendere Versuche mit verschieden

7) Wallerant, Bull. soc. fr. min. 1907, **30**, 55.

8) O. Lehmann, Zeitschr. f. Krystall. 1887, **12**, 383. Molekularphysik, Leipzig 1888, **1**, 399.

zusammengesetzten Lösungen beider Salze stellten Retgers[9]) und Foote[10]) an. Ersterer erhielt einerseits kubische Krystalle von Natriumchlorat mit bis 18% $ClO_3Ag$, andererseits tetragonale Mischkrystalle mit 71%—100% $ClO_3Ag$; die ersteren zeigten anomale Doppelbrechung mit Felderteilung in vier Quadranten; aus ihrem spec. Gewichte berechnet sich das des reinen Silberchlorates in der kubischen Modification zu 4,21, während das der tetragonalen 4,40 beträgt. Foote variierte die Zusammensetzung der Lösungen so, daß sich beide Arten von Krystallen in ungefähr gleicher Menge bildeten, und fand, daß die Lücke in der Mischungsreihe bei 12° von 14⅓ Mol. % bis 50 Mol. %, bei 50° von 26½ bis 53 Mol. % $ClO_3Ag$ reichte; das kubische Natriumchlorat vermag also um so weniger Silbersalz in isomorpher Mischung aufzunehmen, je niedriger die Temperatur ist, und zwar würde es bei —30° dazu gar nicht mehr imstande sein; Foote vermutet, daß es unter dieser Temperatur nicht mehr stabil sein würde, wahrscheinlich also dann in einer mit dem Silberchlorate isomorphen tetragonalen Modification krystallisiere, welche sich bei gewöhnlicher Temperatur nur in Mischung mit überwiegendem $ClO_3Ag$ bildet. Silberbromat ist in bezug auf seine Polymorphie und seine Mischbarkeit bisher nicht untersucht worden, dürfte aber in diesen Beziehungen ganz ähnliche Verhältnisse darbieten wie das Chlorat. Was endlich das **Silberjodat** $= JO_3Ag$ betrifft, so krystallisiert es, wie das Natriumjodat, in rhombischen Formen, welche keine Beziehungen zu denen des chlorsauren und des bromsauren Salzes zeigen; beim Vergleiche der Krystallformen beider genannter Jodate fällt auf, daß $a:b:c$ des Natriumjodates nahe gleich $2a:b:c$ von $JO_3Ag$ ist, aber gegen eine Isomorphie sprechen vor allem die ganz verschiedenen Cohäsionsverhältnisse; Mischungsversuche sind mit diesen beiden Salzen noch nicht angestellt worden, dagegen hat Eakle[11]) Mischkrystalle mit $NO_3Ag$ erhalten, aber nicht näher untersucht.

**Kaliumchlorat** $= ClO_3K$ krystallisiert nur in einer einzigen Modification, welche nach Mallard[12]) bis zum Schmelzpunkte und nach Ries (Privatmitt.) bis zu sehr tiefen Temperaturen stabil bleibt; die Krystalle sind monoklin, zeigen aber in ihrer gewöhnlichsten Ausbildung eine große Ähnlichkeit mit einem Rhomboëder, und zwar mit demjenigen des Natriumnitrates und dem des Calcits (vgl. S. 57), und diese Ähnlichkeit erstreckt sich auch auf die Cohäsionsverhältnisse (Spaltbarkeit, Gleitung) und die optischen Eigenschaften (negative Doppelbrechung mit kleinem Axenwinkel, dessen Mittellinie nahezu mit der pseudotrigonalen Axe zusammenfällt). Daß das Kaliumchlorat, obgleich es hiernach eine sehr ähnliche Krystallstructur besitzt, wie das Natriumnitrat, mit diesem Mischkrystalle zu bilden vermöge, ist nicht wahrscheinlich, da die Äquivalentvolumina beider Salze ($ClO_3K = 52{,}8$, $NO_3Na = 37{,}2$)

---

9) Retgers, Zeitschr. f. physik. Chemie 1890, 5, 440. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 628.
10) Foote, Amer. Chem. Journ. 1902, **27**, 345.
11) Eakle, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **26**, 565.
12) Mallard, Bull. soc. fr. min. 1887, **7**, 355. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 655.

sehr verschieden sind, da ferner nach Retgers[6]) (l. c. 267) $ClO_3K$ und $ClO_3Na$ keine isomorphen Mischungen bilden und auch für die Nitrate von Kalium und Natrium eine Isomorphie nicht anzunehmen ist; Versuche darüber liegen nicht vor. Dagegen sind von Mallard[12]) Mischkrystalle von Kaliumchlorat mit Kaliumnitrat dargestellt worden; er erhielt aus einer für beide Salze gesättigten Lösung monokline Krystalle von $ClO_3K$ mit 15% $NO_3K$, dann ähnliche mit 25%, endlich Krystalle von der Form des Nitrates. Ausführlichere Untersuchungen hierüber stellte Herbette[13]) an: aus Lösungen von $NO_3K$ mit wenig $ClO_3K$ krystallisiert nur reiner Kalisalpeter in rhombischer Form aus; enthält die Lösung auf 150 g $NO_3K$ 22,5% $ClO_3K$, so entstehen daneben in geringer Menge monokline Krystalle von Chlorat mit 21—35% Nitrat, welche die gewöhnliche pseudorhomboëdrische Form des ersteren zeigen, einen etwas kleineren Winkel der optischen Axen (ca. 30°) besitzen und deren Winkel (001):(110) sich mit steigendem Nitratgehalte dem des Rhomboëders der trigonalen Modification von $NO_3K$ nähert, während der Winkel (110):(1$\bar{1}$0) nicht zwischen dem letzteren und dem entsprechenden Winkel am reinen $ClO_3K$ liegt. Das Kaliumchlorat vermag also unter gewissen Bedingungen bis zu ca. $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes Nitrat in monokliner Form aufzunehmen, aber umgekehrt bildet das Kaliumnitrat keine rhombischen Mischkrystalle mit $ClO_3K$, ein ganz ähnliches Verhältnis, wie es zwischen Natriumchlorat und -nitrat besteht (s. S. 79). Daß jedoch eine Isomorphie zwischen den Chloraten von Kalium und Natrium nicht besteht, geht schon daraus hervor, daß, wie oben erwähnt, nach Retgers beide Salze aus ihrer gemeinschaftlichen Lösung getrennt auskrystallisieren (ebenso wie die beiden Nitrate, s. S. 61); ferner fand Retgers[14]), daß die Mischung gleicher Moleküle $ClO_3K$ und $ClO_3Na$ einen weit niedrigeren Schmelzpunkt habe und die Schmelze zu einem homogenen Aggregate wahrscheinlich monokliner Krystalle erstarre und daher wohl ein Doppelsalz von der Zusammensetzung $(ClO_3)_2NaK$, analog dem Salze $(NO_3)_2AgK$, bilde. Die Erscheinungen, welche Lehmann[8]) (l. c. 384) beim Zusammenbringen der Chlorate von Silber und Kalium unter dem Mikroskope beobachtete, sprechen ebenso für die Bildung eines Doppelsalzes $(ClO_3)_2AgK$. — **Kaliumbromat** $= BrO_3K$ krystallisiert trigonal pseudokubisch und steht zum Chlorate jedenfalls im Verhältnisse der Isodimorphie, da nach Ries (Privatmitt.) aus gemischten Lösungen bei vorherrschendem Chlorate monokline, bei vorherrschendem Bromate trigonale Mischkrystalle entstehen, also eine Mischungsreihe mit Lücke vorliegt, wie gewöhnlich bei isodimorphen Substanzen. **Kaliumjodat** $= JO_3K$ bildet Krystalle, welche so ähnlich dem Hexaëder, combiniert mit dem Rhombendodekaëder, erscheinen, daß sie lange für kubisch gehalten wurden; es sind jedoch monokline Vierlinge; das Salz ist daher weder mit dem Chlorate, noch mit

---

13) Herbette, Bull. soc. fr. min. 1906, **29**, 152.
14) Retgers, Zeitschr. f. Krystall. 1895, **24**, 128.

dem Bromate isomorph. Dementsprechend scheint es mit dem ersteren keine Mischkrystalle zu liefern, da nach Versuchen von Ries (Privatmitt.) beide Salze getrennt auskrystallisieren; wie es sich dem Bromat gegenüber verhält, ist noch nicht untersucht worden.

**Rubidiumchlorat** = $ClO_3Rb$ ist nach Ries (Privatmitt.) isomorph mit $ClO_3K$, krystallisiert aber weniger gut und ist noch nicht näher untersucht worden. Die Krystallform des Bromates ist nicht bekannt. **Rubidiumjodat** = $JO_3Rb$ bildet nach Ries[15]) die gleichen pseudokubischen Vierlinge, wie $JO_3K$, ist aber noch nicht gemessen.

**Cäsiumchlorat** = $ClO_3Cs$ erhielt Retgers[9]) (l. c. 449) in mikroskopischen Täfelchen, welche er als isomorph mit $ClO_3K$ betrachtete; das Bromat scheint noch gar nicht dargestellt worden zu sein, und auch das Jodat ist krystallographisch noch nicht näher untersucht (nach einer kurzen Angabe von Zirngiebl[16]) ist es wahrscheinlich isomorph mit $JO_3K$).

**Thallochlorat** = $ClO_3Tl$ ist ebenfalls noch nicht in meßbaren Krystallen erhalten worden; gegen die von Retgers a. a. O. angenommene Isomorphie mit $ClO_3K$ spricht nicht nur das Aussehen der Krystalle, sondern auch das Verhalten gemischter Lösungen beider Salze; nach Roozeboom[17]) setzen sich nämlich aus Lösungen, welche $ClO_3Tl : ClO_3K$ im Verhältnisse 1 : 10 enthalten, noch Krystalle vom Habitus des Thalliumsalzes mit höchstens 25 Mol. % $ClO_3K$ ab, aus solchen im Verh. 1 : 14 neben einander die nadelförmigen Krystalle des Thalliumchlorates mit 36,3 Mol. % $ClO_3K$ und die tafeligen des Kaliumchlorates mit nur 2% $ClO_3Tl$; noch kaliumreichere Lösungen lieferten Mischkrystalle von der Form des reinen $ClO_3K$, welche nur Bruchteile eines Procentes $ClO_3Tl$ enthielten. Diese große Lücke in der Mischungsreihe entspricht dem typischen Verhalten zweier isodimorpher Salze, worauf bereits Stortenbeker[18]) aufmerksam machte. Über brom- und jodsaures Thallium existieren keinerlei Angaben.

An dem explosiven **Ammoniumchlorat** = $ClO_3NH_4$ konnte Ries (Privatmitt.) nur feststellen, daß es mikroskopische, optisch einaxige Nadeln bildet, Retgers[9]) l. c. 454 erhielt es in diagonal auslöschenden Tafeln mit ebenem Winkel von $85\frac{1}{2}^\circ$; da dieser sehr nahe mit dem der Rhomboëder des Kaliumbromates übereinstimmt, ist das Salz wahrscheinlich mit diesem isomorph. **Ammoniumbromat** = $BrO_3NH_4$ krystallisiert nach Retgers l. c. ebenfalls in schwach doppeltbrechenden, diagonal auslöschenden Tafeln von 87° und ist daher wahrscheinlich ebenfalls trigonal, wie das Kaliumsalz, und nicht mit $ClO_3K$ isomorph, wie Retgers vermutete. Ganz verschieden von beiden krystallisiert **Ammoniumjodat** = $JO_3NH_4$, dessen Krystalle

15) Ries, Zeitschr. f. Krystall. 1905, **41**, 250.
16) Zirngiebl, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **36**, 127.
17) Roozeboom, Zeitschr. f. phys. Chemie 1891, **8**, 531. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 609.
18) Stortenbeker, Zeitschr. f. phys. Chemie 1903, **43**, 631. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 296.

nach Ries ganz dieselben Vierlinge bilden, wie Kaliumjodat, und daher mit großer Wahrscheinlichkeit als ebenfalls monoklin betrachtet werden müssen; Mischungen beider Salze hat Eakle[11]) dargestellt, aber nicht näher untersucht; wahrscheinlich existiert hier eine vollständige isomorphe Mischungsreihe. Aus einer gemischten Lösung von $JO_3NH_4$ und $JO_3Na$ erhielt Eakle (l. c. 565) Krystalle des ersteren Salzes mit einem bedeutenden Gehalte an dem zweiten, doch sind auch diese nicht näher untersucht worden.

Von alkylsubstituierten Ammoniumbasen sind bisher keine chlor-, brom- und jodsauren Salze dargestellt worden. Dagegen kennt man **Tetramethylstiboniumchlorat** = $ClO_3Sb(CH_3)_4$, welches Westphal[19]) in Würfeln erhielt, die nach Fock[20]) einfachbrechend sind; das Jodat krystallisiert mit $2H_2O$ in dünnen doppeltbrechenden, wahrscheinlich rhombischen Nadeln (s. ebenda).

Eine auffallende Beziehung zu den Krystallformen der Jodate der einwerthigen Metalle und des Ammoniums zeigen die Krystallformen derjenigen Salze, in welchen ein Sauerstoffatom durch zwei Fluoratome ersetzt ist; die drei rhombisch krystallisierenden, unzweifelhaft isomorphen Verbindungen **Kalium-, Rubidium-** und **Ammoniumdifluorojodat** = $JF_2O_2K$ bzw. $JF_2O_2Rb$ und $JF_2O_2NH_4$ besitzen nämlich Axenverhältnisse, welche mit denjenigen des Kalium- und Ammoniumjodates so nahe übereinstimmen, daß ein Zufall völlig ausgeschlossen ist; da jedoch die Ausbildung der Krystalle eine ganz andere ist und die für die Jodate so charakteristische Zwillingsbildung fehlt, kann von einer Übereinstimmung ihrer Krystallstructur, d. h. von einer Isomorphie mit diesen, nicht die Rede sein. Das **Cäsiumdifluorojodat** = $JF_2O_2Cs$ krystallisiert zwar auch rhombisch, aber mit ganz anderem Habitus und anderen Axenverhältnissen.

### Natriumchlorat = $ClO_3Na$.

Spec. Gew. 2,496 Le Blanc und Rohland[21]), 2,490 Retgers[9]), 2,488 Landolt[22]), 2,467 Berthelot[23]).

Tetraëdrisch-pentagondodekaëdrisch (optisch activ).

Aus wässeriger Lösung bei gewöhnlicher Temperatur Hexaëder oder die Combination Fig. 474a (rechtsdrehender Krystall): $h\{100\}$, $p\{201\}$, $d\{101\}$, $o\{1\bar{1}1\}$, bzw. Fig. 474b (linksdrehender Krystall): $h\{100\}$, $p\{210\}$, $d\{101\}$, $o\{1\bar{1}1\}$; selten tritt untergeordnet hinzu $o\{111\}$; bei ungefähr 0° bilden sich Combinationen des Hexaëders mit einem gerundeten Deltoiddokaëder, zuweilen mit untergeordnetem $d\{101\}$ und mit nicht bestimmbaren Flächen eines Tetraëders und eines tetraëdrischen Pentagondodekaëders; aus Lösungen von noch niedrigerer Temperatur entstehen durch Fortwachsen kleiner Hexaëder Deltoiddokaëder $\{322\}$ oder Tetraëder $\{111\}$ oder Combinationen beider, und zwar häufig Durchwachsungszwillinge eines rechtsdrehenden Krystalles mit einem links-

19) Westphal, Inaug.-Dissert. Berlin 1895, 14.

20) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **25**, 348.

21) Le Blanc u. Rohland (opt. Best. v. Craw), Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **19**, 277.

22) Landolt, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1896, 785. Ber. d. d. chem. Ges. 1896, **29**, 2404. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **30**, 645.

23) Nach Clarke, The constants of Nature. I. Table of spec. Grav. f. sol. u. liqu. Washington 1888, 72.

drehenden nach {100}, s. Fig. 475; selten finden sich beide Tetraëder gleichzeitig an einem einfachen Krystalle (Groth[24])). Nach den Beobachtungen von

Fig. 474 a.

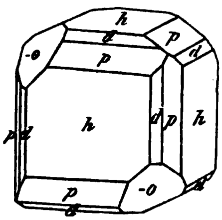



Fig. 474 b.

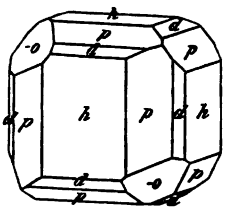
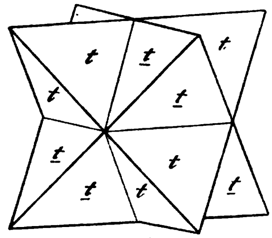



Fig. 475.




Wulff[25]) bilden sich bei gewöhnlicher Temperatur die flächenreichen, oben erwähnten Combinationen um so leichter, je schneller das Wachstum ist und je mehr die Krystalle infolgedessen durch Einschlüsse getrübt sind; auch durch Verunreinigungen der Lösung wird nach Jacobsen[26]) die Bildung der Flächen von *p*, *d* und *o* begünstigt. Hauer[27]) erhielt aus Lösung mit etwas Natriumsulfat große Tetraëder mit {110} und {100}; die Hexaëderflächen fehlen ganz, wenn die Lösung viel $SO_4Na_2$ enthält; diese Beobachtungen wurden ergänzt durch Foullon[28]), welcher fand, daß die Combination des Tetraëders mit {100} und {110} bei längerem Verweilen in der allmählich an Natriumsulfat reicher werdenden Lösung sich derart verändert, daß das Tetraëder langsam fortwächst, während an den nicht abgestumpften, dreikantigen Ecken des Dodekaëders Auflösung eintritt und sich gerundete Deltoiddodekaëderflächen bilden; in einem späteren Stadium entstehen Fortwachsungen in Zwillingsstellung, wie Fig. 475, an welchen jedoch nicht untersucht worden ist, ob sie nach {100} symmetrische Verwachsungen von je einem rechts- und einem linksdrehenden Krystalle sind. Eine eigentümliche Verwachsung zweier rechtsdrehender Krystalle beobachtete Pope[29]) an nur wenigen Exemplaren einer Krystallisation: ein Hexaëder war auf ein zweites tafelförmig ausgebildetes mit einer trigonalen Axe parallel der tetragonalen des letzteren aufgewachsen. Über Vicinalflächen des Hexaëders stellte Miers[30]) einige Beobachtungen an; es sind hauptsächlich Flächen {*hk*0}, welche nur 3′ bis 10′ zu {100} geneigt sind.

Daß aus der optisch inactiven Lösung des Natriumchlorates sich unter normalen Verhältnissen gleiche Mengen rechts- und linksdrehender Krytalle ausscheiden, haben die Versuche von Landolt[22]) und von Kipping und Pope[31]) bewiesen; aus übersättigten Lösungen dagegen entstehen nach Gernez[32]) durch

24) Groth, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1876, **158**, 216. S. auch Groth, Physikal. Krystallographie, 4. Aufl., Leipzig 1905, 517 f.

25) L. Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **22**, 474.

26) Jacobsen, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1861, **113**, 499.

27) C. v. Hauer, Verhandl. d. geol. Reichsanst. Wien 1877, 58 und 1880, 22. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 525.

28) H. v. Foullon, Verhandl. d. geol. Reichsanst. Wien 1881, 134. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 533.

29) Pope, Trans. Chem. Soc. Lond. 1898, **73**, 949. Zeitschr. f. Krystall. 1899, **31**, 15.

30) Miers, Trans. Roy. Soc. Lond. 1903, **202**, 459. Zeitschr. f. Krystall. 1904, **39**, 241.

31) Kipping u. Pope, Transact. Chem. Soc. Lond. 1898, **73**, 606. Zeitschr. f. Krystall. 1899, **30**, 472.

32) Gernez, Compt. rend. 1868, **66**, 853. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, **134**, 623.

die Berührung mit einem rechtsdrehenden Partikel nur rechtsdrehende Krystalle, durch Impfen mit linksdrehender Substanz nur linksdrehende; infolgedessen kann ein zuerst entstandener Krystall das Verhältnis beider Arten ändern und unter Umständen sogar die Ausscheidung nur einer Art von Krystallen bewirken, wie es z. B. bei den Versuchen von Soret[33]) der Fall war. Nach Kipping und Pope[31]) bringt ferner der Zusatz einer optisch activen Substanz zur Lösung eine Änderung des Verhältnisses beider Arten hervor; durch Dextrose und Mannit wird ein Übergewicht von linksdrehenden Krystallen, durch Isodulcit ein Übergewicht von rechtsdrehenden verursacht.

Das specifische Drehungsvermögen der Krystalle beträgt nach Landolt[22]) für die Wellenlänge 556 $\mu\mu$ $\pm$ 1,42° für 1 mm und ist unabhängig von dem Grade der Zerkleinerung (es wurde für Pulver, dessen in einer Flüssigkeit schwebende Partikel bis zu 0,003 mm Durchmesser herabgingen, ebenso gefunden). Die Größe der Drehung $\alpha$ für 1 mm für verschiedene Farben wurde gemessen von Sohncke[34]) und von Guye[35]), der Brechungsindex $n$ von Dussaud[36]) und Borel[37]).

| | Sohncke: | Guye (f. 20°): | Dussaud (b. 23°): | Borel (f. 23°): |
|---|---|---|---|---|
| Linie $B$: | $\alpha$ = 2,38° | 2,273° | $n$ = 1,51163 | — |
| » $C$: | = 2,52 | 2,503 | = 1,51267 | — |
| » $D$: | = 3,16 | 3,130 | = 1,51510 | 1,51523 |
| » $E$: | = 3,96 | 3,944 | = — | — |
| » $F$: | = 4,61 | 4,670 | = 1,52161 | — |
| » $G$: | = 5,89 | 6,005 | = — | — |
| » $H$: | = 6,86 | 7,174 | = — | — |
| » $M$: | = — | 8,158 | = — | — |
| » $Q$: | = — | 10,461 | = — | — |
| » $Cd$ 17: | = — | 14,075 | = 1,57203 | 1,57271 |
| » $Cd$ 18: | = — | 14,727 | = 1,58500 | 1,58607 |

Die Drehung nimmt nach Sohncke mit steigender Temperatur zu, und zwar jeder Grad des Drehungswinkels bei einer Temperatursteigerung von 1° um 0,00061°; Guye fand für die Linie $D$: 0,00062, für $G$: 0,00058.

Spaltbarkeit nicht nachweisbar, daher die Härtecurve auf der Hexaëderfläche kreisförmig (Exner[38])).

Die Ätzfiguren sind nach Baumhauer[39]) auf {100} und auf {1$\bar{1}$1} durch Pentagondodekaëderflächen gebildet und daher auf rechts- und linksdrehenden Krystallen von entgegengesetzter Orientierung.

Der Dehnungswiderstand $C = \frac{1}{E}$ wurde von Koch[40]) für die Normale der Hexaëderfläche zur $4,047 \cdot 10^6$, für die Normalen zu $d${110} zu $3,190 \cdot 10^6$

33) Ch. Soret, Arch. sc. phys. nat. Genève 1899, (4) 7, 80. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **34**, 630.

34) Sohncke, Wiedemanns Ann. d. Phys. 1878, 3, 529. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **4**, 103.

35) Guye, Arch. sc. phys. nat. Genève 1889, (3) **22**, 130. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 522.

36) Dussaud, Arch. sc. phys. nat. Genève 1892, (3) **27**, 534. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**, 619.

37) Borel, Arch. sc. phys. nat. Genève 1895, (3) **34**, 151. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **28**, 104.

38) Exner, Unters. üb. d. Härte an Krystallflächen. Preisschr. Wien 1873, 42.

39) Baumhauer, N. Jahrb. f. Min. usw. 1876, 606.

40) Koch, Wiedemanns Ann. d. Phys. 1881, 8, 1. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 208.

bestimmt; Voigt[41]) fand die Werte 4,15 · 10⁶ bzw. 2,58 · 10⁶ und die Elasticitätsconstanten: $c_{11} = 6,33 \cdot 10^6$, $c_{12} = -2,14 \cdot 10^6$, $c_{44} = 1,22 \cdot 10^6$.

Die piëzo- und pyroëlektrischen Axen, welche nach Friedel und Curie[42]) mit den trigonalen Krystallaxen zusammenfallen, haben nach Hankel und Lindenberg[43]) ihre analogen Pole in den Tetraëderflächen der Combination Fig. 474a bzw. 474b, während die Flächen der in niedriger Temperatur entstehenden Tetraëder {111} und Deltoiddodekaëder den antilogen Polen entsprechen; die im elektrischen Felde eintretende optische Wirkung ist nach Pockels[44]) bedeutend größer, als es der durch das Feld bewirkten Deformation entspricht. Optische Anomalien der Krystalle wurden früher von Marbach[45]), welcher zuerst das Drehungsvermögen der Krystalle erkannte, und von Klocke[46]) beobachtet; in dickeren Platten werden dieselben von der Drehung verdeckt, in dünneren dagegen treten unregelmäßig verteilte doppeltbrechende Stellen hervor, deren Schwingungsrichtungen parallel den Hexaëderkanten sind. Nach Wyrouboff[47]) sind die Krystalle meist vollkommen homogen, und doppeltbrechende Stellen treten nur in den bei niedriger Temperatur entstandenen auf. In optisch normalen Krystallen kann nach Brauns[3]) durch Druck temporäre Doppelbrechung erzeugt werden, wobei die Druckrichtung Schwingungsrichtung der größten Lichtgeschwindigkeit wird.

## Natriumbromat = $BrO_3Na$.

Spec. Gew. 3,339 Kremers[48]), 3,254 Le Blanc und Rohland[21]).

Tetraëdrisch-pentagondodekaëdrisch (optisch activ).

Das Salz krystallisiert aus wässeriger Lösung nach Rammelsberg[49]) in Tetraëdern mit untergeordnetem Gegentetraëder, Hexaëder und Rhombendodekaëder; später beobachtete er auch das Deltoiddodekaëder {221}. Marbach[50]) beobachtete dieselbe Formen, aber teils beide Tetraëder nahezu gleichgroß, teils nur das eine ausgebildet; an verletzten Krystallen entstanden durch Fortwachsen auch Flächen von {210} bzw. {120}. Wyrouboff[47]) erhielt sowohl beim Abkühlen warmer Lösung als durch Verdunstung bei gewöhnlicher Temperatur schöne Combinationen beider Tetraëder, deren eines vorherrscht, mit schmalen Hexaëderflächen. Nach Loury[51]) bilden sich bei 40°—50° Krystalle mit herrschendem {111} oder {1$\bar{1}$1}, bei höheren Temperaturen solche mit vorwaltendem {100}; durch langsame Abkühlung übersättigter Lösung wurden außer den genannten Formen noch folgende erhalten: {910}, {510}, {310}, {13.10.0},

---

41) Voigt, Nachr. Ges. d. Wiss. Göttingen 1893, 220. Wiedemanns Ann. d. Phys. 1893, **49**, 719. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 583.

42) Friedel u. Curie, Compt. rend. 1883, **97**, 61. Bull. soc. fr. min. 1883, **6**, 191. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 412.

43) Hankel u. Lindenberg, Abhandl. math. phys. K. Ges. Wiss. Leipzig 1892, **18**, 361. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 515.

44) Pockels, Abhandl. Ges. Wiss. Göttingen 1894, **39**, 1. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 446.

45) Marbach, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1855, **94**, 419.

46) Klocke, N. Jahrb. f. Min. usw. 1880, **1**, 81. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 527.

47) Wyrouboff, Ann. chim. phys. 1886, (6) **8**, 340. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 106. S. auch Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 227. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 279.

48) Kremers, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, **99**, 435.

49) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1841, **52**, 85. Krystall.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 320.

50) Marbach, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, **99**, 457.

51) Loury, Bull. Soc. Natur. Moscou 1900, 371. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 180.

{11.10.0}. Hauer[52]) beobachtete beide Tetraëder gleichgroß ausgebildet, und wie aus dem elektrischen Verhalten hervorgeht, ist in den Fällen, in welchen eines vorherrscht, einmal {111}, das andere Mal {1$\bar{1}$1} das herrschende. Dadurch erklärt sich, daß Marbach[50]) nicht in derselben Weise, wie beim Natriumchlorat, eine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Enantiomorphie der Formen und dem Sinne der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes feststellen konnte; dazu bedarf es der gleichzeitigen Bestimmung der Ätzfiguren auf {100} oder der Unterscheidung der beiden Tetraëder auf pyroëlektrischem Wege.

Die Ätzfiguren auf {100}, durch Wasser leicht zu erhalten, haben nach Loury[51]) die Gestalt von Rhomboïden, deren längere Seiten mit der Hexaëderkante einen Winkel von $2\frac{1}{2}^\circ$—6° bilden und welche auf rechts- und linksdrehenden Krystallen entgegengesetzt orientiert sind.

Die Drehung der Polarisationsebene für mittlere Farben beträgt nach Marbach[45]) 2,8° pro 1 mm.

Brechungsindex für *Na* = 1,5943 Craw[21]).

Nach Hankel und Lindenberg[43]) werden beim Erkalten die Flächen des einen Tetraëders positiv, die des anderen negativ; meistens herrscht das erstere vor. Die gleiche Polarität entsteht durch Druck, abweichend vom Natriumchlorat.

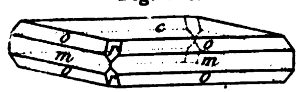
Optische Anomalien der Krystalle beobachtete bereits Marbach[45]) (l. c. 420) und zwar durch zwei parallele Tetraëderflächen eine Teilung in drei doppeltbrechende Sectoren, ebenso Wyrouboff, welcher auch in hexaëdrischen Platten eine Teilung, aber in vier Sectoren mit unvollkommener Auslöschung, wahrnahm; nach ihm erscheinen jedoch die bei ca. 0° entstandenen Krystalle durch {100} selbst bei großer Dicke fast einfachbrechend, während die Sectorenteilung auf {111} bzw. {1$\bar{1}$1} sehr lebhaft hervortritt; bei 60° wurden stark doppeltbrechende Krystalle erhalten, welche aber beim Erwärmen einfachbrechend werden; bei den in niedrigerer Temperatur erhaltenen verschwinden die optischen Anomalien sogar nach und nach von selbst.

### Natriumjodat = $JO_3Na$.

Spec. Gew. 4,277 Kremers[48]).

Rhombisch bipyramidal.

Fig. 476.




$a:b:c = 0{,}9046:1:1{,}2815$ Eakle[11]).

Durch langsame Verdunstung der Lösung bei 100° erhielt Eakle (l. c. 577) kleine farblose Tafeln der Combination Fig. 476: *c*{001}, *m*{110}, *o*{111}, *r*{101}; die letzte Form fehlt zuweilen.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:m$ | = (110):(1$\bar{1}$0) = | — | *84° 16′ |
| $m:o$ | = (110):(111) = | — | *27 38 |
| $c:r$ | = (001):(101) = | 54° 47′ | 54 25 |

Spaltbarkeit nach *a*{100} deutlich.

Doppelbrechung ziemlich stark. Ebene der optischen Axen *c*{001}.

### Silberchlorat = $ClO_3Ag$.

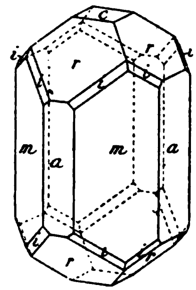
Spec. Gew. 4,40, Retgers[53]), 4,43 Schröder[54]), 4,439 Topsøe[55]).

Ditetragonal bipyramidal. $a:c = 1:0{,}9325$ Marignac[56]).

52) C. v. Hauer, Verhandl. d. geol. Reichsanst. Wien 1881, 131.
53) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1889, 4, 203.
54) Schröder, Jahresber. f. Chemie 1859, 12, 12.
55) Topsøe, Arch. sc. Bibl. Univ. Genève, Nov. 1872. Bull. soc. chim. Par. 19, 246.
56) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, 14, 261. Oeuvres 1, 415.

Wächter[57]) beobachtete ein quadratisches Prisma, in Combination mit der spitzen Bipyramide $y\{401\}$. Marignac erhielt flächenreichere Krystalle der Combination Fig. 477: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$, $i\{211\}$. Eine eigene Messung gibt auch Rammelsberg[58]) an.

Fig. 477.




| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: | Wächter: |
|---|---|---|---|---|
| $r:r = (101):(011) =$ | — | *57° 40′ | 57° 40′ | — |
| $r:c = (101):(001) =$ | 43° 0′ | 42 59 | — | — |
| $y:y = (401):(041) =$ | 86 9 | — | — | 86° 6′—15′ |
| $y:c = (401):(001) =$ | 74 59½ | — | — | — |
| $i:i' = (211):(2\bar{1}1) =$ | 46 14 | — | — | — |
| $i:i_, = (211):(21\bar{1}) =$ | 51 14 | — | — | — |
| $m:r = (110):(101) =$ | 61 10 | — | — | — |
| $m:i = (110):(211) =$ | 31 12 | — | — | — |
| $r:i = (100):(211) =$ | 29 58 | 30 0 | — | — |

## Silberbromat = $BrO_3Ag$.

Spec. Gew. 5,198—5,215 Storer[59]), 5,104 Viola[60]).
Ditetragonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 0,9408$ Viola[60]).

Marignac[61]) beobachtete an den milchweißen kleinen Krystallen dieselben Formen, wie am Chlorate (Fig. 477), jedoch mit Abstumpfungen der Polkanten von $r\{101\}$ durch $s\{112\}$; auch fehlt oft $c\{001\}$. Goßner erhielt aus Benzol Krystalle mit vorherrschendem $i\{211\}$ (Fig. 478), aus Wasser die prismatische Combination Fig. 479; an diesen Krystallen bestimmte Viola die mit * bezeichneten Winkel durch Ausgleichung zahlreicher Messungen.

Fig. 478.

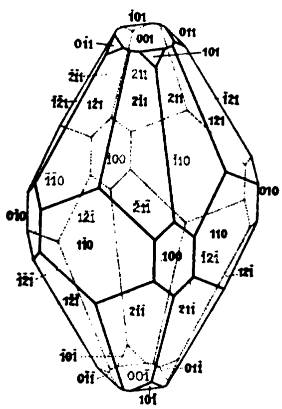
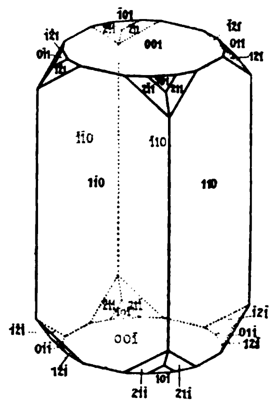


Fig. 479.



| | Berechnet: | Beobachtet: Viola: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $r:r = (101):(011) =$ | 57° 57¾′ | — | 58° 2′ |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *43° 15′ | 43 19 |
| $i:c = (211):(001) =$ | — | *64 34½ | 64 37½ |
| $i:i = (211):(2\bar{1}1) =$ | 47 38 | — | 47 30 |
| $i:i = (211):(121) =$ | 33 11⅓ | — | — |

57) Wächter, Journ. f. prakt. Chemie 1843, 30, 330.
58) Rammelsberg, Handb. d. kryst.-phys. Chemie, Leipzig 1881, 1, 312.
59) Storer in Clarke, Const. of Nat. I. Table of spec. Grav. Wash. 1888, 73.
60) Viola, Zeitschr. f. Krystall. 1906, 41, 470.
61) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1857, (5) 12, 66. Oeuvres 1, 541.

| | Berechnet: | Beobachtet: Viola: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $i:m = (211):(110)$ | $= 31^\circ\ 2\frac{1}{2}'$ | — | $30^\circ 58'$ |
| $i:a = (211):(100)$ | $= 36\ \ 7$ | — | $36\ \ 10$ |
| $s:m = (112):(100)$ | $= 56\ \ 23$ | — | $56\ \ 22$ |

Viola beobachtete eine unvollkommene Spaltbarkeit nach den Prismenflächen und natürliche (vielleicht anomale?) Ätzfiguren auf $m\{110\}$, welche nicht symmetrisch nach $\{100\}$ waren.

Doppelbrechung positiv. Brechungsindices nach Viola:

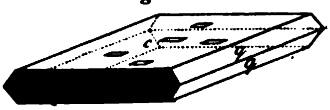
| | $\omega$ | $\varepsilon$ |
|---|---|---|
| Äußerstes Rot | 1,8366 | 1,9085 |
| Gelb | 1,8466 | 1,9200 |
| Grün | 1,8600 | 1,9405 |
| Äußerstes Violett | 1,8811 | 1,9657 |

### Silberjodat = $JO_3Ag$.

Spec. Gew. 5,647 Fullerton[23]) (l. c. 74).

Rhombisch. $a:b:c = 0,4416:1:1,3072$ Eakle[11]).

Fig. 480.



Die durch langsame Verdunstung ammoniakalischer Lösung erhaltenen Krystalle sind nach Marignac[62]) und Eakle (l. c. 579) tafelförmige Combinationen (Fig. 480) von $c\{001\}$ mit $q\{011\}$ und $r\{101\}$, letzteres gestreift; bei 70° Temperatur der Lösung bildete sich dieselbe Combination mit schmalen Flächen von $s\{103\}$. Marignac, welcher nur $q$ messen konnte, hielt die Krystalle für monoklin.

| | Berechnet: | Beobachtet: Eakle: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $c:r = (001):(101)$ | $=$ — | *$71^\circ 20'$ | — |
| $c:q = (001):(011)$ | $=$ — | *52 35 | $52^\circ 30'$ ca. |
| $c:s = (001):(103)$ | $= 44^\circ 37'$ | 44 33 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

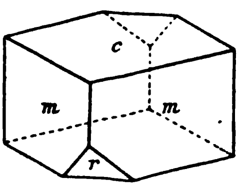
Ätzfiguren, mit verdünnter Salpetersäure erhalten, auf $c\{001\}$ Rechtecke parallel den Seiten der Tafeln.

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$.

### Kaliumchlorat = $ClO_3K$.

Spec. Gew. 2,325 Ries (Privatmitt., ältere Bestimmungen: 2,326 Playfair und Joule, 2,350 Kremers, 2,325 Buignet, 2,246 —2,364 Schröder u. a.).

Fig. 481.




Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,8331:1:1,2673$; $\beta = 109^\circ 42'$ Ries[15]).

Die gewöhnliche Combination dieses Salzes aus wässeriger Lösung ist die in Fig. 481 dargestellte rhomboëderähnliche: $c\{001\}$, $m\{110\}$ mit untergeordnetem $r\{10\bar{1}\}$. Brooke[63]) beobachtete außerdem $q\{011\}$, Rammelsberg[64]) noch $o\{11\bar{1}\}$; nach Ries (l. c. 244) ist letztere Form nicht selten, auch $a\{100\}$ kommt an den beim

62) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1856, (5) **9**, 51. Oeuvres **1**, 476.

63) Brooke, Annals of Philos. 1822, **21**, 451.

64) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 137.

Abkühlen heißer Lösungen entstehenden Krystallen häufig vor, sehr selten ist dagegen $d\{\bar{1}01\}$. Außer der Combination Fig. 481, welche sich besonders zuletzt aus den Mutterlaugen bildete, beobachtete Ries auch nach $m\{110\}$ prismatische Krystalle, ferner nach $c\{001\}$ tafelförmige (Fig. 482), einmal auch

Fig. 482.

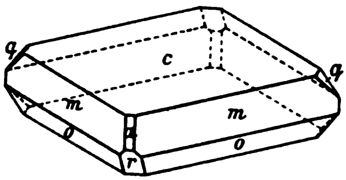



Fig. 483.

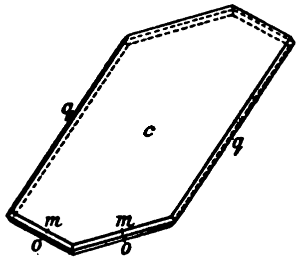
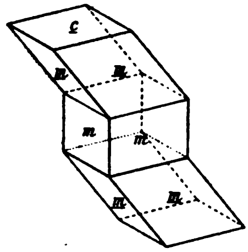



Fig. 484.




dünne, nach der Axe $a$ verlängerte Tafeln (Fig. 483); die letzte Form entsteht regelmäßig beim Verdunsten von Lösungen mit viel Kaliumjodat. Meist Zwillinge nach $c\{001\}$, häufig mit Wiederholung (Fig. 484), gewöhnlich in der Art, daß in einem scheinbar einfachen Krystalle zahlreiche dünne Lamellen eingelagert sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: Ries: | Brooke: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ | $= 70^\circ 18'$ | $70^\circ 20'$ | — | — |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | *76 13 | $76^\circ\ 0'$ | $75^\circ 38'$ |
| $c:m = (001):(110)$ | = — | *74 37 | 74 30 | 74 25 |
| $c:o' = (001):(\bar{1}11)$ | = 75 22 | 75 11 | — | 74 25 |
| $c:r' = (001):(\bar{1}01)$ | = — | *71 14 | 73 15 approx. | — |
| $r:o = (10\bar{1}):(11\bar{1})$ | = 38 15 | 38 21 | — | — |
| $c:d = (001):(101)$ | = 43 26 | 43 51 | — | — |
| $c:q = (001):(011)$ | = 50 2 | 50 4 | — | — |
| $m:q = (110):(011)$ | = 49 57 | 49 59 | — | — |
| $m':q = (\bar{1}10):(011)$ | = 72 23 | 72 18 | — | — |
| $m:r = (110):(10\bar{1})$ | = 51 58 | 51 57 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $m\{110\}$ vollkommen. Gleitfläche ist $a\{100\}$, nach welcher durch Druck sehr leicht zahlreiche Verschiebungen entstehen, so daß $c\{001\}$ von treppenförmigen Streifen parallel der $b$-Axe durchzogen wird.

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet nach Miller[65]) $57\frac{1}{2}'$ mit der Verticalaxe im stumpfen Winkel $\beta$, ist also angenähert parallel der pseudotrigonalen Axe des Pseudorhomboëders $cm$, aber mit deutlicher horizontaler Dispersion; $2E = 43^\circ$ circa, $v > \varrho$ (Ries[15])); Miller (l. c.) gibt an: $2V = 28^\circ 15'$, $\beta = 1{,}507$. Dünne Blättchen nach $c\{001\}$ mit Zwillingslamellen zeigen die Axenbilder beider Lamellensysteme; die Axenebenen, deren Tracen parallel sind, bilden einen scheinbaren Winkel von $121^\circ$. Solche Tafeln, welche sehr feine Zwillingslamellen enthalten, zeigen im reflectierten gewöhnlichen Lichte Farbenerscheinungen, welche Stokes[66]) und Rayleigh[67]) näher untersuchten; dieselben ändern sich nach Madan[68])

65) Miller, Transact. Cambridge Philos. Soc. 1842, **7**, 214.
66) Stokes, Nature, London 1885, **31**, 565. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **12**, 541.
67) Lord Rayleigh, Philos. Magaz. 1888, (5) **26**, 256. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 431.
68) Madan, Nature, London 1886, **34**, 66. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **13**, 430.

beim Erhitzen durch Entstehen von neuen Zwillingslamellen und hohlen Kanälen, wie sie im Calcit vorkommen.

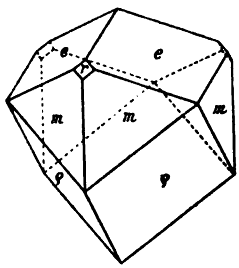
### Kaliumbromat = $BrO_3K$.

Spec. Gew. 3,218 Topsøe[55]), 3,323 Clarke[23]).
Ditrigonal pyramidal (pseudokubisch).

$$\alpha = 85^\circ 57' \ (a : c = 1 : 1{,}3572)$$ Ries[15]) (l. c. 243).

Die Krystalle wurden für kubisch gehalten, bis Rammelsberg[64]) (l. c. 143) die Abweichung der Winkel erkannte. Marignac[61]) (l. c. 61) erhielt aus einer Salpetersäure enthaltenden Lösung würfelähnliche Rhomboëder, d. h. die Combination $r\{100\}$, $\varrho\{\bar{1}00\}$, aus reiner Lösung dieselben, aber nur eine der beiden Formen mit ebenen Flächen ausgebildet; aus bromkaliumhaltiger Lösung endlich entstanden Krystalle, welche an einem Pole $c\{001\}$ und $e\{110\}$, am anderen $\varrho\{\bar{1}00\}$ und außerdem die zu einer Fläche $\varrho\{\bar{1}00\}$ parallele $r\{100\}$, mit einer nach dem letzteren Flächenpaare tafeligen Ausbildung, zeigten. Traube[69]) erhielt aus reiner Lösung meist nur skelettartige Bildungen, aus salpetersaurer kleine prismatische Combinationen $m\{10\bar{1}\}$, $r\{100\}$, $\varrho\{\bar{1}00\}$, ferner aus einer stark mit $KBr$ versetzten Lösung bei langsamer Verdunstung gut ausgebildete Krystalle, welche Hexaëdern mit abgestumpften Kanten glichen, gebildet von den Formen $r\{100\}$ und $\varrho\{\bar{1}00\}$ vorherrschend, $m\{10\bar{1}\}$, $e\{110\}$, $\varepsilon\{\bar{1}\bar{1}0\}$; letzteres, meist schmäler als $e$, fehlte manchmal auch ganz. Ries[15]) (l. c. 246) erhielt durch langsame Verdunstung der wässerigen Lösung bei 6° kleine, aber sehr gut ausgebildete Krystalle der Combination Fig. 485: oben $e\{100\}$, sehr klein $r\{100\}$, unten $\varrho\{\bar{1}00\}$ oft allein, zuweilen noch mit sehr schmalen Abstumpfungen durch $\varepsilon\{\bar{1}\bar{1}0\}$; stets ausgebildet war $m\{10\bar{1}\}$.

Fig. 485.



| | Berechnet: | Beobachtet: Ries: | Traube: | Marignac: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|---|
| $\varrho : \varrho = (\bar{1}00) : (00\bar{1}) =$ | — | *93° 47′ | 93° 39′ | 93° 42′ | 94° 30′ |
| $\varrho : m = (\bar{1}00) : (\bar{1}01) =$ | 43° 6′ | 43 3 | 43 3 | 43 15 | — |
| $e : e = (101) : (110) =$ | 64 34 | 64 34 | — | 64 38 | — |
| $e : r = (101) : (100) =$ | 46 51 | 46 50 | 46 51 | 46 50 | 47 0 |
| $c : e = (111) : (101) =$ | 38 5 | — | — | 38 14 | — |
| $c : \varrho = (111) : (\bar{1}00) =$ | 122 32½ | — | — | 122 46 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ nicht sehr deutlich (Ries).

Ätzfiguren, mit Wasser hervorgebracht, auf $\varrho\{\bar{1}00\}$ und $r\{100\}$ gleichschenkelige Dreiecke, deren Spitze (W. 80°) dem analogen Pole zugekehrt ist (Traube).

Doppelbrechung negativ.

Pyroëlektricität stark; der analoge Pol liegt nach Traube an dem Ende, an welchem er die größeren Flächen von $e\{110\}$ beobachtete, also jedenfalls am oberen der Fig. 485.

---

69) Traube, Zeitschr. f. Krystall. 1894, 23, 577.

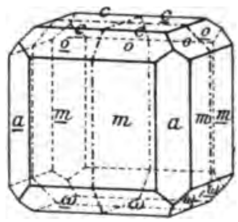
### Kaliumjodat = $JO_3K$.

Spec. Gew. 3,979 Kremers, 3,802 Clarke[23]).
Monoklin prismatisch (pseudokubisch).

$$a:b:c = 1,0089:1:1,4394; \quad \beta = 90^\circ 45' \text{ Ries}^{15})$$

Die Krystalle gleichen so vollkommen Würfeln mit abgestumpften Kanten, daß sie von Marignac[62]) (l. c. 34) und Eakle[11]) (l. c. 561, 577) für kubische Combinationen {100} {110} gehalten wurden; nach Letzterem überwiegt in niederer Temperatur {100}, in höherer {110} bis zur Verdrängung der anderen Form. Die von Ries gemessenen Krystalle, welche die richtige Bestimmung der Form gestatteten, wurden bei ca. 6° durch Verdunsten der wässerigen Lösung über Schwefelsäure im Vacuum erhalten; sie zeigten die Form Fig. 486, gebildet von *m*{110}, *c*{001}, *a*{100}, *o*{112}, *ω*{11$\bar{2}$} in Vierlingen nach *m*{110}; außer den genannten Formen treten an den Zwillingsgrenzen auch Flächen von *b*{010} auf.

Fig. 486.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m$ = (100):(110) = | — | *45° 15′ |
| $a:c$ = ($\bar{1}$00):(001) = | — | *90 45 |
| $c:m$ = (001):($\bar{1}$10) = | 90° 32′ | 90 33 |
| $c:\omega$ = (001):($\bar{1}$12) = | — | *45 23 |
| $c:o$ = (001):(112) = | 44 37½ | 44 36 |
| $o:m$ = ($\bar{1}$1$\bar{2}$):($\bar{1}$10) = | 44 50 | 44 50 |
| $\omega:m$ = ($\bar{1}$12):($\bar{1}$10) = | 45 9 | 45 9 |
| $o:o$ = ($\bar{1}$12):($\bar{1}\bar{1}$2) = | 60 44 | 60 41 |
| $a:\omega$ = ($\bar{1}$00):($\bar{1}$12) = | 60 32 | 60 32 |
| $a:o$ = ($\bar{1}$00):($\bar{1}$1$\bar{2}$) = | 59 28½ | 59 29 |

Spaltbarkeit nicht wahrnehmbar.

Farblos, hohe Lichtbrechung mit Diamantglanz. Doppelbrechung negativ, stark; Axenwinkel $2E = 45^\circ$ ca., Dispersion schwach, $v > \varrho$.

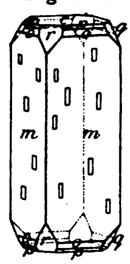
### Ammoniumjodat = $JO_3NH_4$.

Spec. Gew. 3,308—3,337 Fullerton (in Clarke[23]) 74).
Monoklin prismatisch? (pseudokubisch).

$$a:b:c = 0,9951:1:1,4299; \quad \beta = 90^\circ 0' \text{ Ries}^{15})$$

Die früher für kubisch gehaltenen Krystalle wurden von Marignac[62]) (l. c. 33) als würfelähnliche tetragonale Combinationen {110} {001} mit je zwei Bipyramiden 1. und 2. Art beschrieben; nach Eakle[11]) (l. c. 578) sind die Krystalle rhombisch und zeigen, wenn bei gewöhnlicher Temperatur entstanden, die Combination Fig. 487: *m*{110}, *c*{001}, *r*{101}, seltener *q*{011}, *o*{111}, *p*{112} und ganz selten *b*{010} und *a*{100}; bei 70° bildete sich die würfelähnliche Combination *mc* in Drillingen mit nahe rechtwinkeliger Durchkreuzung. Durch sehr langsame Abkühlung heißer wässeriger Lösung erhielt Ries[15]) (l. c. 248) wasserklare, sehr genau meßbare Kryställchen mit den Formen *m*{110}, *c*{001}, untergeordnet *r*{101}, *o*{111}, zuweilen *q*{011}, *a*{100} oder *b*{010}, selten *p*{112}, *t*{021} und *d*{201}, welche auch Marignac vereinzelt beobachtet hatte; alle Krystalle waren Vierlinge nach *m*{110}, wie die des

Fig. 487.



Kaliumsalzes (Fig. 486), nur mehr nach der Verticalaxe verlängert, und enthielten außerdem Zwillingslamellen. Da solche Vierlinge sich auch bei 6° und bei 70° bildeten, hatte wahrscheinlich auch Marignac solche in Händen; die Flächen *c* der vier Krystalle fallen in eine Ebene, dagegen sind auf den *m*-Flächen durch deren Knickung die vertical verlaufenden Zwillingsgrenzen erkennbar; zwei derartige Vierlingskrystalle bilden wieder einen Durchkreuzungszwilling nach *p*{112} von der Form eines rechtwinkeligen Kreuzes. Die Messungen und die optischen Eigenschaften lassen keine Abweichung von rhombischer Symmetrie erkennen, doch sind die Krystalle nach Ries wahrscheinlich monoklin, wie die des Kaliumsalzes.

| | Berechnet: | Beobachtet: Ries: | Marignac: | Eakle: |
|---|---|---|---|---|
| $c:q = (001):(011) =$ | — | *55° 2′ | 55° 6′ | 55° 6′ |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 89°43′ | 89 43 | — | 89 42 |
| $c:p = (001):(112) =$ | 45 23 | 45 26 | 45 30 | 45 26 |
| $c:o = (001):(111) =$ | 63 44⅔ | 63 46 | 63 45 | 64 16 |
| $c:r = (001):(101) =$ | — | *55 10 | — | 55 10 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 54 41 | — | 54 34 | 54 38 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 54 25 | 54 24 | — | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 39 28½ | 39 31 | — | — |
| $o:r = (111):(101) =$ | 39 14½ | — | — | — |

Spaltbarkeit nach *a*{100} und *b*{010} unvollkommen.

Ätzfiguren auf *m*{110}, mit Wasser erhalten, Rechtecke (s. Fig. 487).

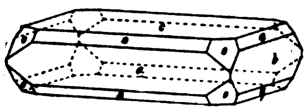
Hohe Brechbarkeit mit lebhaftem Diamantglanze. Doppelbrechung stark; Axenebene *c*{001}; durch die *m*-Flächen der Vierlinge die Interferenzbilder zweier, verschiedenen Krystallen angehöriger optischer Axen mit einer Winkeldistanz von ca. 70° sichtbar.

## Kaliumdifluorojodat = $JF_2O_2K$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9925:1:1{,}4148$ Zirngiebl[70]).

Fig. 488.



Die von Weinland und Lauenstein[71]) aus fluorwasserstoffsaurer Lösung erhaltenen Krystalle sind nach Zirngiebl farblose Tafeln der Combination Fig. 488: *c*{001}, *a*{100}, *b*{010}, untergeordnet: *q*{011}, *o*{112}, *s*{102} und *r*{101}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:r = (001):(101) =$ | — | *54°57′ |
| $c:o = (001):(112) =$ | — | *45 7 |
| $c:q = (001):(011) =$ | 54°45′ | 54 51 |
| $c:s = (001):(102) =$ | 35 29 | 35 31 |
| $a:o = (100):(112) =$ | 59 57 | 59 56 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung negativ; Axenebene *b*{010}, 1. Mittellinie Axe *c*, $2E = 48°$ ca., Dispersion gering, $\varrho > v$.

## Rubidiumdifluorojodat = $JF_2O_2Rb$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9855:1:1{,}4423$ Zirngiebl[70]).

70) Zirngiebl, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **36**, 145.

71) Weinland u. Lauenstein, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1899, **20**, 31.

Darstellung und Combination gleich dem vorigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:r = (001):(101)$ = | — | *55° 16′ |
| $c:o = (001):(112)$ = | — | *45 10 |
| $c:q = (001):(011)$ = | 54° 52′ | 54 44 |
| $c:s = (001):(102)$ = | 35 48 | 35 37 |
| $a:o = (100):(112)$ = | 60 25 | 59 45 |

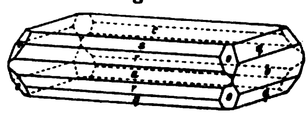
Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$, $2E = 60°$ ca., Dispersion gering, $\varrho > v$.

### Ammoniumdifluorojodat = $JF_2O_2NH_4$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9871:1:1,4107$ Zirngiebl[70]).

Fig. 489.



Dargestellt von Weinland und Lauenstein[71]) (l. c. 34); Zirngiebl beobachtete die Combination Fig. 489: $c\{001\}$, $s\{102\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $b\{010\}$, $o\{112\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:r = (001):(101)$ = | — | *55° 1′ |
| $c:q = (001):(011)$ = | — | *54 40 |
| $c:o = (001):(112)$ = | 45° 7′ | 45 14 |
| $c:s = (001):(102)$ = | 35 5 | 35 2 |
| $a:o = (100):(112)$ = | 59 22 | 59 30 |
| $r:o = (101):(112)$ = | 35 40 | 35 32 |

Keine wahrnehmbare Spaltbarkeit.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $c$, $2E = 35°$ ca., Dispersion $\varrho > v$, gering.

### Cäsiumdifluorojodat = $JF_2O_2Cs$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 1,1765:1:0,5603$ Zirngiebl[70]).

Die von denselben Chemikern, wie die vorhergehenden Salze, dargestellten Krystalle sind nach Zirngiebl (l. c. 147) Prismen $m\{110\}$ mit breitem $a\{100\}$ und kleinerem $b\{010\}$ und $n\{210\}$, an den Enden vorherrschend $r\{101\}$, untergeordnet $q\{011\}$, $s\{031\}$, $o\{113\}$ und sehr klein (nur durch die Zonen bestimmt) $x\{131\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (101):(\bar{1}01)$ = | — | *50° 57′ |
| $r:o = (101):(111)$ = | — | *26 50 |
| $c:o = (001):(111)$ = | 36° 20′ | — |
| $a:o = (100):(111)$ = | 67 26 | 67 24 |
| $a:m = (100):(110)$ = | 49 38 | 49 32 |
| $a:n = (100):(210)$ = | 30 15 | 30 22 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ = | 58 32 | 58 29 |
| $s:s = (031):(0\bar{3}1)$ = | 118 30 | 118 28 |

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$; 1. Mittellinie Axe $b$.

## Hydrate und Ammoniakverbindungen von Nitraten und Chloraten einwertiger Metalle.

Von hierhergehörigen Verbindungen sind nur wenige, isoliert stehende bekannt: **Mercuronitrat-Monohydrat** $= NO_3Hg.H_2O$ krystallisiert monoklin, **Diammin-Silbernitrat** $= NO_3Ag.2NH_3$ rhombisch, endlich **Natriumjodat-Pentahydrat** $= JO_3Na.5H_2O$ in pseudotetragonalen rhombischen Formen.

Außerdem sind noch zwei basische Salze des einwertigen Quecksilbers untersucht worden: $3NO_3Hg.HgOH$ rhombisch und $3NO_3Hg.2HgOH$ triklin.

### Mercuronitrat-Monohydrat $= NO_3Hg.H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}1503:1:0{,}8334;\quad \beta = 103°47\tfrac{1}{2}'$$ Marignac[1]).

Marignac beobachtete als häufigste Combination: $r\{101\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $m\{110\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, selten noch $o\{11\bar{1}\}$; zuweilen auch dünne Täfelchen nach $\varrho\{10\bar{1}\}$, seitlich begrenzt von $b\{010\}$ und nach der Kante $\varrho m$ verlängert, an den Enden $a$, $m$, $q$ und $r$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *96° 20′ |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *45 15 |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *71 20 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 77° 57½′ | 77 55 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 79 19 | 79 17 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 61 59½ | 61 57 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 53 41 | 53 41 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 69 48½ | 69 52 |
| $q:r = (011):(101) =$ | 48 11½ | 48 12 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 72 38 | 72 34 |
| $o:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 53 18½ | 54 circa |

### Diammin-Silbernitrat $= NO_3Ag.2NH_3$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}7567:1:0{,}5945$ Marignac[2]).

Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$. Nach der $c$-Axe langprismatisch.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *74° 14′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *61 28 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 72° 2′ | 72 1 |

### Natriumjodat-Pentahydrat $= JO_3Na.5H_2O$.

Rhombisch bipyramidal (pseudotetragonal).

$$a:b:c = 0{,}9534:1:0{,}6607$$ Rammelsberg[3]).

1) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1849, **12**, 233. Ann. Chim. Phys. (3) **27**, 315. Ann. d. Chem. **72**, 55. Oeuvres **1**, 235.

2) Ch. de Marignac, Ann. d. Mines 1837, (5), **12**, 24. Oeuvres **1**, 501.

3) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1853, **90**, 13.

Die Krystalle sind prismatische Combinationen von $m\{110\}$, mit $a\{100\}$ und $b\{010\}$, welche zuweilen auch vorherrschen, am Ende mit $o\{111\}$, oft mit sehr ungleich entwickelten Flächen, und $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *87° 15′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 66° 54′ | 66 35 |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *46 15 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 57 0 | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 60 4 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 67 39 | — |

### ⅓-basisches Mercuronitrat = $3NO_3Hg.HgOH$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 1,1132:1:0,9255 \text{ Marignac}^{4)}.$$

Die von Marignac[1]) (l. c. 245) dargestellten farblosen, lebhaft glänzenden Krystalle zeigten: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$; bisweilen noch untergeordnet verschiedene Formen, wie $n\{210\}$, $k\{012\}$, $x\{212\}$, $z\{412\}$. Nadeln oder lange Prismen, verlängert nach der $c$-Axe und meist stark abgeplattet nach $b$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *96° 8′ |
| $m:n = (110):(210) =$ | 18° 58′ | 19 2 |
| $k:k = (012):(0\bar{1}2) =$ | — | *49 40 |
| $c:x = (001):(212) =$ | 43 35 | 43 38 |
| $c:z = (001):(412) =$ | 59 54 | — |
| $x:x = (212):(2\bar{1}2) =$ | 39 11 | 39 8 |
| $x:x' = (212):(\bar{2}12) =$ | 74 6 | 74 13 |
| $z:z = (412):(4\bar{1}2) =$ | 26 50 | 27 0 |
| $z:x = (412):(212) =$ | 19 24 | 19 30 |
| $m:x = (110):(212) =$ | 49 19 | 49 22 |

### ⅔-basisches Mercuronitrat = $3NO_3Hg.2HgOH$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1,3061:1:1,1904 \text{ Marignac}^{4)}.$$

$$\alpha = 94°2', \qquad \beta = 109°40', \qquad \gamma = 101°16'.$$

Entsteht nach Marignac[1]) (l. c. 248) in schönen großen farblosen Krystallen beim langsamen Abkühlen der längere Zeit in Berührung mit überschüssigem Quecksilber erwärmten Mutterlauge der übrigen Mercuronitrate oder auch, wenn man diese Nitrate bei gewöhnlicher Temperatur in Berührung mit ihrer Mutterlauge und metallischem Quecksilber läßt. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $\lambda\{2\bar{1}0\}$, $r\{101\}$, $s\{201\}$, $t\{301\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\tau\{10\bar{2}\}$, $q\{011\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$, $z\{2\bar{1}1\}$. Der Habitus der Krystalle wechselt sehr stark. Eine häufige Ausbildungsweise ist durch prismatische Verlängerung der verticalen Zone charakterisiert.

4) Neu berechnet von Goßner.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Beobachtet: Rammelsberg[5]): |
|---|---|---|---|
| $a:b = (100):(010)$ | $= 76^\circ 31'$ | $76^\circ 35'$ | $75^\circ 48'$ |
| $b:c = (010):(001)$ | $= 81\ 32$ | 81 30 | 81 30 |
| $a:c = (100):(001)$ | $= 69\ 1\frac{1}{2}$ | 68 58 | 69 30 |
| $b:m = (010):(110)$ | $= 33\ 33$ | 33 32 | 33 10 |
| $b':\lambda = (0\bar{1}0):(2\bar{1}0)$ | $= 68\ 31$ | 68 34 | — |
| $b':\mu = (0\bar{1}0):(1\bar{1}0)$ | $= 44\ 12$ | 44 16 | — |
| $c:q = (001):(011)$ | $= 44\ 3$ | 44 3 | — |
| $c:\varkappa = (001):(0\bar{1}1)$ | $= 53\ 39$ | 53 36 | 53 20 |
| $b:o = (010):(111)$ | $= 45\ 45$ | 45 57 | — |
| $b:r = (010):(101)$ | $= 76\ 44\frac{1}{2}$ | 76 42 | — |
| $b':p = (0\bar{1}0):(1\bar{1}1)$ | $= 63\ 14$ | 63 22 | — |
| $b:\omega = (010):(11\bar{1})$ | $= 42\ 0$ | 42 0 | — |
| $b':\pi = (0\bar{1}0):(1\bar{1}\bar{1})$ | $= 45\ 25$ | — | — |
| $b:\xi = (010):(11\bar{2})$ | $= 60\ 27$ | — | — |
| $b:\sigma = (010):(20\bar{1})$ | $= 80\ 42$ | 80 25 | — |
| $b:\tau = (010):(10\bar{2})$ | $= 92\ 23\frac{1}{2}$ | 92 29 | — |
| $c:r = (001):(101)$ | $= 33\ 1$ | 32 57 | 33 50 |
| $c:s = (001):(201)$ | $= 46\ 8$ | 46 ca. | — |
| $c:t = (001):(301)$ | $= 52\ 27$ | 53 ca. | — |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01)$ | $= 52\ 19\frac{1}{2}$ | 52 26 | — |
| $c:\sigma' = (001):(\bar{2}01)$ | $= 79\ 0$ | 79 ca. | — |
| $c:\tau' = (001):(\bar{1}02)$ | $= 27\ 25$ | 27 22 | 27 25 |
| $c:o = (001):(111)$ | $= 45\ 59$ | 46 8 | — |
| $c:m = (001):(110)$ | $= 72\ 8$ | 72 11 | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}\bar{1}1)$ | $= 72\ 8\frac{1}{2}$ | 71 56 | — |
| $c:\xi' = (001):(\bar{1}\bar{1}2)$ | $= 45\ 59$ | 45 58 | — |
| $c:p = (001):(1\bar{1}1)$ | $= 47\ 47$ | 47 36 | 48 15 |
| $c:\mu = (001):(1\bar{1}0)$ | $= 82\ 44$ | 82 42 | — |
| $c:\pi' = (001):(\bar{1}11)$ | $= 56\ 53$ | 56 56 | — |
| $c:z = (001):(2\bar{1}1)$ | $= 51\ 24$ | 51 20 | — |
| $c:\lambda = (001):(2\bar{1}0)$ | $= 75\ 11$ | 75 12 | — |
| $a:o = (100):(111)$ | $= 44\ 3\frac{1}{2}$ | 43 58 | — |
| $a:q = (100):(011)$ | $= 67\ 25$ | 67 25 | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1})$ | $= 59\ 11$ | 58 57 | — |
| $a:\pi = (100):(1\bar{1}\bar{1})$ | $= 78\ 37$ | 78 38 | — |
| $a:z = (100):(2\bar{1}1)$ | $= 35\ 45$ | 34 53 | — |
| $a:p = (100):(1\bar{1}1)$ | $= 53\ 59$ | 54 5 | — |
| $a:\varkappa = (100):(0\bar{1}1)$ | $= 86\ 16$ | 86 22 | — |
| $m:q = (110):(011)$ | $= 39\ 14$ | 39 0 | — |
| $m:\varkappa = (110):(01\bar{1})$ | $= 62\ 36$ | 62 44 | — |
| $m:r = (110):(101)$ | $= 51\ 41$ | 51 41 | — |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1})$ | $= 70\ 8$ | — | — |
| $m:\tau = (110):(10\bar{2})$ | $= 88\ 1\frac{1}{2}$ | 88 8 | — |
| $m:p = (110):(1\bar{1}1)$ | $= 88\ 56$ | 89 0 | — |
| $\mu:q = (1\bar{1}0):(0\bar{1}\bar{1})$ | $= 64\ 46$ | 64 52 | — |
| $\mu:\varkappa = (1\bar{1}0):(0\bar{1}1)$ | $= 47\ 37\frac{1}{2}$ | 47 48 | — |
| $\mu:\varrho = (1\bar{1}0):(10\bar{1})$ | $= 71\ 30$ | 71 26 | — |
| $\mu:\xi = (1\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}2)$ | $= 73\ 53$ | 74 3 | — |
| $\mu:\sigma = (1\bar{1}0):(20\bar{1})$ | $= 62\ 17$ | 62 38 | — |

5) Rammelsberg, Handb. d. kryst.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 363.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $\mu : \tau = (1\bar{1}0) : (10\bar{2})$ | $= 83^\circ 16'$ | $83^\circ 14'$ | — |
| $\mu : \omega' = (1\bar{1}0) : (\bar{1}\bar{1}1)$ | $= 73 \quad 9$ | $73 \quad 0$ | — |
| $\lambda : \sigma = (2\bar{1}0) : (\bar{2}01)$ | $= 44 \quad 15\frac{1}{2}$ | $44 \quad 0$ | — |
| $\lambda : \varkappa = (2\bar{1}0) : (0\bar{1}1)$ | $= 61 \quad 15$ | $61 \quad 15$ | — |
| $\lambda : \tau = (2\bar{1}0) : (10\bar{2})$ | $= 82 \quad 25$ | $82 \quad 22$ | — |
| $\tau : \pi = (10\bar{2}) : (1\bar{1}\bar{1})$ | $= 47 \quad 15$ | — | — |
| $\tau : \varkappa = (10\bar{2}) : (01\bar{1})$ | $= 53 \quad 14$ | $53 \quad 17$ | — |
| $\tau : \omega = (10\bar{2}) : (11\bar{1})$ | $= 54 \quad 37\frac{1}{2}$ | $54 \quad 25$ | — |
| $\tau : q = (10\bar{2}) : (0\bar{1}\bar{1})$ | $= 54 \quad 52$ | $55 \quad 30$ | — |
| $o : \varkappa = (111) : (01\bar{1})$ | $= 85 \quad 48\frac{1}{2}$ | $86 \quad 7$ | — |
| $o : \sigma = (111) : (20\bar{1})$ | $= 68 \quad 49$ | $68 \quad 32$ | — |

## Verbindungen von Nitraten, Chloraten usw. einwertiger Elemente mit Halogeniden und Cyaniden.

Die Jodsäure bildet mit den Halogeniden der Alkalien mehrere Additionsprodukte, von denen zwei gemessen worden sind, nämlich **Jodsäure-Rubidiumchlorid** $= JO_3H.RbCl$ und **Jodsäure-Cäsiumchlorid** $= JO_3H.CsCl$ beide krystallisieren monoklin, haben aber einen ganz verschiedenen Habitus und sind, obgleich ihre Axenverhältnisse durch die Wahl der Symbole sich ähnlich gestalten, wahrscheinlich nicht isomorph.

Von der Verbindung **Silbernitrat-Mercuricyanid** $= 2NO_3Ag.Hg(CN)_2$ liegt nur eine ältere Krystallbestimmung vor, nach welcher dieselbe rhombisch krystallisiert.

Außerdem sind die folgenden wasserhaltigen Substanzen hierher gehörig: **Natriumbromat-Natriumbromid-Dihydrat** $= 2BrO_3Na.NaBr.2H_2O$, monoklin; **Natriumjodat-Natriumchlorid-Enneahydrat** $= 2JO_3Na.3NaCl.9H_2O$ und **Natriumjodat-Natriumjodid-Ikosihydrat** $= 2JO_3Na.3NaJ.20H_2O$, von denen das erste triklin, das zweite hexagonal krystallisiert.

### Jodsäure-Rubidiumchlorid $= JO_3H.RbCl$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}9830 : 1 : 0{,}7577; \quad \beta = 92^\circ 4'$ Penfield[1]).

Die von Wheeler[1]) durch Stehenlassen einer gesättigten Lösung von $RbCl.Cl_3J$ erhaltenen farblosen, prismatischen Krystalle zeigen nach Penfield (l. c. 132) die Formen: $m\{110\}$, $n\{120\}$, $l\{320\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $x\{142\}$, $i\{211\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{10\bar{2}\}$, $\iota\{21\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001)$ | = — | $*87^\circ 56'$ |
| $a : r = (100) : (101)$ | = — | $*51 \quad 5$ |
| $c : q = (001) : (011)$ | = — | $*38 \quad 8$ |
| $a : l = (100) : (320)$ | $= 33^\circ 13'$ | $33 \quad 13$ |
| $a : m = (100) : (110)$ | $= 44 \quad 29\frac{1}{2}$ | $44 \quad 7$ |
| $a : n = (100) : (120)$ | $= 63 \quad 1\frac{1}{2}$ | $62 \quad 42$ |

1) Wheeler (Mess. v. Penfield), Amer. Journ. Sc. 1892, (3) **44**, 127. Zeitschr. f. anorg. Chemie **2**, 447. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **28**, 605.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:i$ | $=(100):(211)$ | $=38^\circ 28\frac{1}{2}'$ | $38^\circ 19'$ |
| $a:o$ | $=(100):(111)$ | $=57\ 14$ | $57\ 13$ |
| $a:q$ | $=(100):(011)$ | $=88\ 21$ | $88\ 29$ |
| $a:\iota$ | $=(100):(21\bar{1})$ | $=39\ 47$ | $38\ 32$ |
| $a:\omega$ | $=(100):(11\bar{1})$ | $=59\ 38$ | $59\ 57$ |
| $r:o$ | $=(101):(111)$ | $=30\ 31$ | $30\ 28$ |
| $\varrho:\omega$ | $=(101):(11\bar{1})$ | $=31\ 24$ | $31\ 22\frac{1}{2}$ |
| $o:x$ | $=(111):(142)$ | $=26\ 30$ | $26\ 36$ |
| $c:\sigma'$ | $=(001):(\bar{1}02)$ | $=21\ 20$ | $21\ 17$ |
| $c:\varrho'$ | $=(001):(\bar{1}01)$ | $=38\ 23\frac{1}{2}$ | $38\ 26$ |

### Jodsäure-Cäsiumchlorid = $JO_3H.CsCl$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9965:1:0{,}7698$; $\beta = 90^\circ 6\frac{1}{2}'$ Penfield[1]).

Dargestellt von Wheeler[1]) (l. c. 130) aus einer Lösung von $CsCl.Cl_3J$ nach Zufügung einer kleinen Menge Cäsiumcarbonat; farblose Tafeln $c\{001\}$, nach der $b$-Axe verlängert, mit den Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $n\{130\}$, $d\{403\}$, $e\{203\}$, $\delta\{40\bar{3}\}$, $\varepsilon\{20\bar{3}\}$, nicht immer vorhanden: $p\{221\}$, $x\{263\}$. Penfield[1]) (l. c. 133) bestimmte an den Krystallen, wegen der Streifung der Zone [010], nur die folgenden Winkel:

$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*89^\circ 48'$ beob.
$p:m = (221):(110) = {}^*24\ 37$ »
$p:a = (221):(100) = {}^*49\ 53$ »

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $c\{001\}$ das Interferenzbild einer Axe und der 1. Mittellinie am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar.

### Silbernitrat-Mercuricyanid = $2NO_3Ag.Hg(CN)_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}647:1:0{,}447$ Hahn[2]).

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$.

$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*65^\circ 50'$ beob.
$q:q = (011):(0\bar{1}1) = {}^*48\ 10$ »

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ und $m\{110\}$.

### Natriumbromat-Natriumbromid-Dihydrat = $2BrO_3Na.NaBr.2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}4371:1:0{,}9055$; $\beta = 119^\circ 10'$ Marignac[3]).

Das Salz entsteht nach Marignac, wenn man Natronlauge mit Brom sättigt, das überschüssige Brom durch Kochen verjagt und so einengt, daß sich beim Abkühlen überschüssiges Bromat ausscheidet, nach dem weiteren Einengen der Lösung. Kokscharow hat Krystalle gemessen, die nach Fritzsche[4]) die Zusammensetzung $3BrO_3Na.2NaBr.3H_2O$ hatten.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $n\{310\}$. Dünne Prismen, nur an einem Ende ausgebildet. $\varrho$ selten. Häufig Zwillinge

2) Hahn, Archiv d. Pharmacie 1859, (2) **97**, 41.
3) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1857, (5) **12**, 61. Oeuvres **1**, 537.
4) Fritzsche (Mess. v. Kokscharow), Ann. d. Chemie u. Pharm. 1857, **104**, 186.

nach (100), wobei das eine Ende der Krystalle als rhombische Flächencombination erscheint.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Beobachtet: Kokscharow: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *77° 6′ | — |
| $a:n = (100):(310) =$ | 22° 42′ | 23 ca. | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *76 40 | — |
| $a:q = (100):(011) =$ | 67 31 | 67 36 | — |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) =$ | 80 44 | 80 45 | 80° 43′ |
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *43 40 | 43 47 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 84 10 | 84 15 | 84 16 |
| $q:\underline{q} = (011):(\underline{011}) =$ | 44 58 | 44 50 | — |
| $q:\underline{q} = (011):(\underline{0\bar{1}1}) =$ | 93 33 | 93 24 | — |

**Natriumjodat-Natriumchlorid-Enneahydrat = $2JO_3Na.3NaCl.9H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}1309:1:1{,}0436 \text{ Rammelsberg}^{5)}.$$
$$\alpha = 102^\circ 57', \quad \beta = 99^\circ 9', \quad \gamma = 94^\circ 56'.$$

Das Salz bildet sich nach Rammelsberg aus der Lösung von Natriumjodat und Natriumchlorid, wenn letzteres im Überschusse ist, in großen flächenreichen Krystallen mit den Formen: $c\{001\}$ vorherrschend, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $p\{11\bar{1}\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $\xi\{1\bar{1}2\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $i\{21\bar{1}\}$. Häufig Zwillinge nach $c\{001\}$, meist nach der Zwillingsebene dünntafelig.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *82° 44′ |
| $b:c = (010):(010) =$ | — | *76 0 |
| $c:a = (001):(100) =$ | — | *79 24 |
| $m:a = (110):(100) =$ | 44° 46′ | 44 48 |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | 53 3 | 53 6 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 73 24 | 73 23 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 86 14 | 86 5 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *38 45 |
| $\varkappa:c = (0\bar{1}1):(001) =$ | 53 13 | 53 15 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 78 41 | 78 35 |
| $\varkappa:a = (0\bar{1}1):(100) =$ | 87 35 | 87 30 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *42 8 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 37 16 | 37 17 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 46 45 | 46 45 |
| $r:b = (101):(010) =$ | 75 56 | 75 50 |
| $\varrho:b = (10\bar{1}):(010) =$ | 95 54 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 44 34 | 44 20 |
| $o:q = (111):(011) =$ | 26 27 | 26 35 |
| $o:r = (111):(101) =$ | 30 20 | 30 20 |
| $\omega:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | 55 27 | 55 25 |
| $\omega:\varkappa = (1\bar{1}1):(0\bar{1}1) =$ | 34 57 | 35 0 |
| $\omega:r = (1\bar{1}1):(101) =$ | 39 34 | — |
| $p':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 67 17 | 67 35 |
| $p':\varkappa = (\bar{1}\bar{1}1):(0\bar{1}1) =$ | 36 35 | 36 38 |

5) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1862, **115**, 584.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1})$ | $= 42°42'$ | — |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001)$ | $= 49\ 45$ | 49° 18' |
| $\pi':q = (\bar{1}11):(011)$ | $= 31\ 49$ | — |
| $\pi:\varrho = (1\bar{1}\bar{1}):(10\bar{1})$ | $= 37\ 55$ | 38 15 |
| $\xi:c = (1\bar{1}2):(001)$ | $= 33\ 46$ | 34 0 |
| $i:a = (21\bar{1}):(100)$ | $= 35\ 32$ | 35 20 |

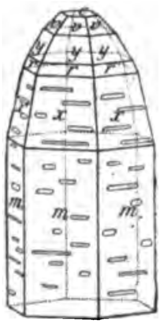
**Natriumjodat-Natriumjodid-Ikosihydrat = $2JO_3Na.3NaJ.20H_2O$.**

Dihexagonal bipyramidal.

$$a:c = 1:2{,}1892 \text{ Eakle}[6]).$$

Zuerst von Mitscherlich[7]) durch Auflösen von Jod in Natronlauge und Verdunsten der Lösung in niedriger Temperatur erhalten in optisch einaxigen hexagonalen Prismen. Marignac[3]) (l. c. 68 bzw. 544) untersuchte nach $c\{0001\}$ tafelige Krystalle mit nicht genau meßbaren, schmalen Bipyramidenflächen, welche oft unvollzählig auftraten, daher er dieselben als Rhomboëder betrachtet. Einige Messungen stellte auch Rammelsberg[8]) an. Eakle erhielt bei rascher Krystallisation hexagonale Tafeln, durch langsames Wachstum aus einer Lösung von Natriumjodid und Natronlauge bei 10° gut ausgebildete Prismen $m\{10\bar{1}0\}$ mit $c\{0001\}$ oder mit den Bipyramiden $x\{20\bar{2}1\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $y\{20\bar{2}3\}$, $v\{10\bar{1}2\}$ und $c\{0001\}$, welches gewöhnlich infolge der Auflagerung der Krystalle an einem Ende derselben allein ausgebildet war (s. Fig. 490); an den bei 20° gebildeten Krystallen fehlte $y\{20\bar{2}3\}$, und vereinzelt kam $a\{11\bar{2}0\}$ vor.

Fig. 490.



| | Berechnet: | Beobachtet: Eakle: | Marignac: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $c:r = (0001):(10\bar{1}1) =$ | — | *68° 25' | 68° 30' | — |
| $c:v = (0001):(10\bar{1}2) =$ | 51° 34' | 51 32 | 52 0 | — |
| $c:x = (0001):(20\bar{2}1) =$ | 78 49 | 78 49 | — | — |
| $c:y = (0001):(20\bar{2}3) =$ | 59 19 | 59 19 | 60 0 | 59° 30' |
| $r:r = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 55 26 | 55 32 | — | — |
| $r:r = (10\bar{1}1):(\bar{1}101) =$ | 107 16 | 107 18 | — | — |
| $r:x = (10\bar{1}1):(20\bar{2}1) =$ | 10 24 | 10 22 | — | — |
| $y:y = (20\bar{2}3):(02\bar{2}3) =$ | 50 56 | 51 12 | 51 51 | — |
| $y:x = (20\bar{2}3):(20\bar{2}1) =$ | 19 30 | 19 29 | — | — |
| $x:x = (20\bar{2}1):(02\bar{2}1) =$ | 58 44 | 58 44 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{0001\}$ vollkommen.

Ätzfiguren, mit Wasser hervorgebracht, auf $c\{0001\}$ Hexagone 1. Art, auf $m\{10\bar{1}0\}$ usw. wie in Fig. 490.

Doppelbrechung negativ, stark.

---

6) Eakle, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **26**, 582.

7) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1827, **11**, 162. Ges. Schriften, Berlin 1896, 236.

8) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1865, **125**, 147.

## Wasserfreie normale Nitrate, Chlorate usw. zweiwertiger Metalle.

Das sehr zerfließliche **Calciumnitrat** $= (NO_3)_2Ca$ erhielt Retgers[1]) aus dem monoklin krystallisierenden Hydrate mit $4H_2O$ durch Erhitzen auf 150° in mikroskopischen Oktaëdern, welche vollkommen einfachbrechend waren. Dieses Salz ist unzweifelhaft isomorph mit **Strontiumnitrat** $= (NO_3)_2Sr$, welches ebenfalls mit $4H_2O$ monoklin krystallisiert, aber schon aus warmen Lösungen in wasserfreien Krystallen erhalten wird; das käutliche Präparat, wie es zu den Krystallisationsversuchen von Wulff (S. 104) diente, enthält viel $(NO_3)_2Ca$. Das Strontiumsalz gehört der tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen Klasse des kubischen Krystallsystemes an, und das Gleiche gilt für die isomorphen Salze **Baryumnitrat** $= (NO_3)_2Ba$ und **Bleinitrat** $= (NO_3)_2Pb$; für die zahlreichen, an diesen Salzen beobachteten Combinationen ist jedoch noch nicht, wie für das derselben Symmetrieklasse angehörige Natriumchlorat, durch pyroëlektrische Untersuchung die Unterscheidung der positiven und negativen Oktanten durchgeführt und dadurch die gegenseitige Beziehung aller Formen in bezug auf ihre Stellung sicher bestimmt. Isomorphe Mischungen bilden alle diese Salze mit einander, und die Mischkrystalle zeigen ähnliche optische Anomalien, wie die reinen Verbindungen. Die aus den höchsten bisher beobachteten Werten der spec. Gewichte berechneten Molekularvolumina sind: $(NO_3)_2Sr = 70{,}12$, $(NO_3)_2Ba = 79{,}03$ und $(NB_3)_2Pb = 72{,}29$; da diese Zahlen keine regelmäßige Reihe bilden, ist es wahrscheinlich, daß die Dichtebestimmungen dieser Salze einer Revision bedürfen. Vom Bleinitrate beobachtete Morel[2]) eine zweite monokline Modification, und nach nicht publizierten Versuchen von Vernadsky (Privatmitt.) scheint auch Strontiumnitrat in mehreren polymorphen Modificationen zu existieren.

Mit den eben betrachteten Nitraten stehen in sehr naher Beziehung die entsprechenden Chlorate. Nach Traube[3]) vermögen die kubischen Krystalle von Strontium- und Baryumnitrat bis 7,2 bzw. 12,5% des betreffenden Chlorates in isomorpher Mischung aufzunehmen; die Mischkrystalle, meist von oktaëdrischem Habitus, zeigten ähnliche optische Anomalien, wie die reinen Nitrate. **Strontiumchlorat** $= (ClO_3)_2Sr$ krystallisiert dagegen rhombisch und bildet Mischkrystalle derselben Form mit höchstens 16,7% $(NO_3)_2Sr$; nach Potilitzin[4]) bilden sich aus heißer übersättigter Lösung beim Abkühlen zuerst monokline Tafeln, welche von den später entstehenden rhombischen Krystallen aufgezehrt werden, ferner aus sehr übersättigten Lösungen dünne Nadeln einer labilen dritten und rhombische Krystalle einer vierten Modification. Wasserfreie krystallisierte Bromate zweiwertiger Metalle sind nicht bekannt, dagegen ist es gelungen, die folgenden jodsauren Salze dar-

---

1) Retgers, Zeitschr. f. Krystall. 1893, **21**, 257.

2) Morel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 337. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 286.

3) Traube, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **23**, 135.

4) Potilitzin, Journ. russ. phys.-chem. Ges. 1889, **21**, 451. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 183.

zustellen: monoklin krystallisierendes **Calciumjodat** $= (JO_3)_2Ca$; in triklinen Krystallen **Strontiumjodat** $= (JO_3)_2Sr$; monoklin, aber verschieden vom Calciumsalze, krystallisierendes **Baryumjodat** $= (JO_3)_2Ba$; endlich **Cuprijodat** $= (JO_3)_2Cu$, dessen monokline Krystallform weder mit der des Calciumsalzes, noch mit der des Baryumsalzes übereinstimmt. Das Strontiumjodat krystallisiert übrigens, außer auf dem S. 109 angegebenen Wege, auch aus salpetersaurer Lösung bei 60°—70°; da so dargestellte Krystalle nicht gemessen worden sind, ist es noch nicht entschieden, ob hierbei eine dem Calcium- oder dem Baryumsalze entsprechende Modification sich bildet.

### Strontiumnitrat $= (NO_3)_2Sr$.

Spec. Gew. 2,996 Behr[5]), 2,980 Favre und Valson[6]), 2,947 Le Blanc und Rohland[7]).

Tetraëdrisch-pentagondodekaëdrisch.

Das Salz krystallisiert wasserfrei nach den Versuchen von Scacchi[8]) aus wässerigen Lösungen bei Temperaturen über 25°. Nach Wulff[9]) bilden sich bei sehr schnellem Wachstum oktaëdrische Combinationen beider Tetraëder, sonst kubooktaëdrische Krystalle, zuweilen mit ungleich großer Entwickelung von $\{111\}$ und $\{1\bar{1}1\}$; $\{210\}$ wurde nur mit vereinzelten Flächen an Zwillingen beobachtet. Scacchi[10]) erhielt zuweilen beim Zusatze von Eisenchlorid, Wulff beim Zusatze von Calciumchlorid zur Lösung das Pentagondodekaëder $p\{201\}$ in Combination mit $\{111\}$ und $\{1\bar{1}1\}$, auch mit untergeordnetem $\{100\}$ s. Fig. 491; Letzterer beobachtete von oktaëdrischen und kubooktaëdrischen Krystallen mannigfach ausgebildete Zwillinge und Drillinge, in denen je eine trigonale Axe zweien Krystallen gemeinsam ist.

Ätzfiguren auf $\{100\}$ Streifen $\parallel [100]$, hervorgebracht von Flächen $(hk0)$, auf $\{111\}$ bzw. $\{1\bar{1}1\}$ dreieckige Vertiefungen, einem $(hkl)$ entsprechend (Wulff).

Brechungsindex für *Na*-Licht: 1,5667 Fock[11]), 1,5665 Craw[7]). Behr[5]) gibt dafür den Werth 1,5878 an, welcher, ebenso wie seine Zahlen für *Li* und *Tl*, offenbar unrichtig ist.

Anomale Doppelbrechung beobachteten Marbach[12]) und Wulff (l. c. 141), welcher constatierte, daß die Krystalle keine Drehung der Polarisationsebene bewirken.

### Baryumnitrat $= (NO_3)_2Ba$.

Spec. Gew. 3,255 Topsøe und Christiansen[13]), 3,245 Eppler[14]), 3,244 Behr[5]), 3,284 Playfair und Joule[6]).

Tetraëdrisch-pentagondodekaëdrisch.

---

5) Behr, N. Jahrb. f. Min. usw. 1903, **1**, 138. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 667.

6) Diese u. a. Bestimmungen s. Clarke, Table of Spec. Grav. f. Sol. a. Liqu. Washington 1888, 111.

7) Le Blanc u. Rohland (opt. Best. v. Craw), Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **19**, 277.

8) A. Scacchi, Rendic. Accad. Napoli, Genn. 1861.

9) L. Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1880, **4**, 139.

10) A. Scacchi, Nuovo Cimento 1855, **1**, 170. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1860, **109**, 366.

11) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1880, **4**, 585.

12) Marbach, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1855, **94**, 417.

13) Topsøe u. Christiansen, Vidensk. Selsk. Skr. Kopenhagen 1873, **9**, 645. Poggendorffs Ann. d. Phys. Erg.-Bd. **6**, 499.

14) Eppler, Zeitschr. f. Krystall. 1899, **30**, 153.

Scacchi[10]) erhielt aus reinen wässerigen Lösungen nur die Formen $\{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$,) $\{100\}$, beim Zusatze von anderen leichtlöslichen Salzen auch das Pentagondodekaëder $\{201\}$ und das tetraëdrische Pentagondodekaëder $\{421\}$. Nach L. Wulffs[9] zahlreichen Versuchen bilden sich auch ohne Zusätze bei langsamer Krystallisation die Combinationen Fig. 491: $o\{111\}$, $o_{,}\{1\bar{1}1\}$, $h\{100\}$, $p\{201\}$, Fig. 492: $h\{100\}$, $o_{,}\{1\bar{1}1\}$, $o\{111\}$, $p\{201\}$, oder Fig. 493 mit einem linken positiven tetraëdrischen

Fig. 491.

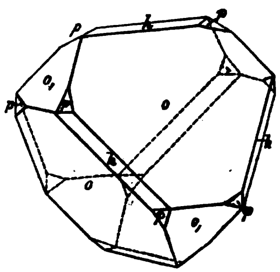


Fig. 492.

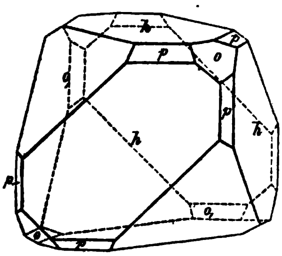
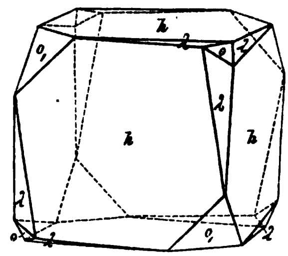


Fig. 493.



Pentagondodekaëder $\lambda$; aus einer mit $NO_3Na$ versetzten Lösung wurden Krystalle von der Ausbildung Fig. 494, ähnlich den von Scacchi beobachteten, erhalten; besonders flächenreiche Combinationen Fig. 495, mit vorherrschendem $i\{211\}$ und (selten) $\delta\{2\bar{2}1\}$, entstanden aus einer Lösung, welche mit Kaliumnitrat, Natriumnitrat und Zucker versetzt war. Die Form $\lambda$ ergab schwankende Winkelwerte zwischen denen der Grenzformen $\{211\}$, $\{311\}$ und $\{201\}$ bzw. $\{301\}$; selten wurden beobachtet $\{883\}$ (bei Zusatz von Ferrinitrat) und $\{5\bar{1}1\}$. Die flächenreichste Combination, in Fig. 496 auf eine Hexaëderfläche senkrecht projiciert, beschrieb Lewis[15]); der zufällig entstandene Krystall zeigte die Formen: $a\{100\}$, $n\{3\bar{5}1\}$, $l\{3\bar{1}1\}$, $t\{2\bar{1}4\}$, $h\{214\}$, $o\{111\}$, $s\{211\}$. Aus einer ätherischen Nitrophenollösung

Fig. 494.

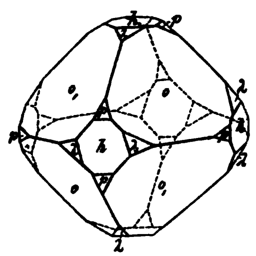


Fig. 495.

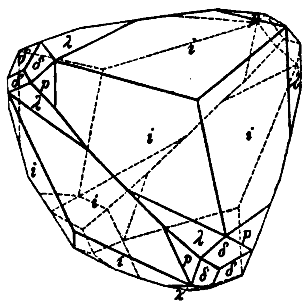
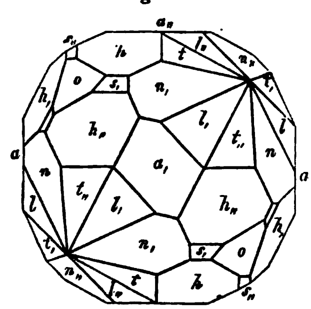


Fig. 496.



erhielt Henriques[16]) Krystalle, welche das Pentagondodekaëder $\{201\}$ vorherrschend, daneben klein $\{100\}$, $\{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$ zeigten. Die oktaëdrisch ausgebildeten Krystalle bilden Zwillinge und Drillinge vom Ansehen derjenigen des Spinells, doch sind die trigonalen Axen dieser, und ebenso der Zwillinge von Krystallen mit vorherrschenden $i\{211\}$ (Fig. 495), entgegengesetzt gerichtet; mit gleicher Richtung der Zwillingsaxe erwiesen sich nur die Verwachsungen zweier Tetraëder, welche aus einer mit $NO_3K$ versetzten Lösung entstanden waren und den gewöhnlichen Fahlerzzwillingen glichen.

15) Lewis, Philos. Magaz. 1877, (5) 3, 453. Zeitschr. f. Krystall. 1878, 2, 64.

16) Henriques, Zeitschr. f. Krystall. 1881, 5, 365.

Ätzfiguren, welche einem linken negativen tetraëdrischen Pentagondodekaëder entsprachen, beobachtete Baumhauer[17]) auf den Hexaëderflächen der Combination Fig. 492. Nach Wulff[9]) (l. c. 143) sind die Ätzfiguren auf den Tetraëderflächen ebenfalls durch tetraëdrische Pentagondodekaëder gebildet und erscheinen als Dreiecke, welche auf den beiden Tetraëdern entgegengesetzt gedreht sind.

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[13]):

für $C$: $n = 1,5665$, für $D$: $n = 1,5711$, für $F$: $n = 1,5825$;

nach Eppler[14]):

für $Li$: $n = 1,5696$, für $Na$: $n = 1,5717$;

Fock[11]) fand für $D$: $n = 1,5716$; die von Behr[5]) angegebenen Zahlen (vgl. das vor. Salz) sind:

für $Li$: $n = 1,5655$, für $Na$: $n = 1,5699$, für $Tl$: $n = 1,5735$.

Optische Anomalien beobachteten Marbach[12]) (l. c. 418), Wulff[9]) (l. c. 141), Lewis[15]), Klocke[19]) und Morel[18]); in Platten nach $\{100\}$ erscheinen vier quadratische Sectoren, deren Schwingungsrichtungen den Seiten parallel sind, und in Platten nach $\{111\}$ unvollkommen trigonale Sectorenteilung.

Nach Hankel[20]) sind die antilogen Pole der elektrischen Axen in hexaëdrischen Krystallen, an welchen untergeordnet die beiden Tetraëder mit erkennbarem Unterschiede ihrer Flächenbeschaffenheit auftreten, in dem mit den glänzenderen Flächen gelegen; an den oktaëdrisch ausgebildeten Krystallen sind die beiden Tetraëder nur durch ihre pyroëlektrische Polarität zu erkennen; unter den hexaëdrischen Krystallen wurden auch solche gefunden, welche sich durch die Verteilung der elektrischen Pole als Zwillinge nach $\{100\}$ erwiesen. Piëzoëlektrische Polarität nicht nachweisbar.

## Bleinitrat = $(NO_3)_2Pb$.

### Kubische Modification.

Spec. Gew. 4,545 Behr[5]), 4,531 Retgers[21]), 4,521 Topsøe und Christiansen[13]).

Tetraëdrisch-pentagondodekaëdrisch.

Nach Wulff[9]) (l. c. 127) entstehen bei schneller Verdunstung und beim Abkühlen heißer Lösung Oktaëder $\{111\}$ $\{1\bar{1}1\}$, bei langsamerer Krystallisation die Combination Fig. 491 (S. 105), in welchem das kleiner ausgebildete Tetraëder $o_,$ sich auch dadurch von dem anderen unterscheidet, daß seine Flächen matt und die anliegenden Teile des Krystalles trübe sind; durch Behandlung mit verdünnter Lösung werden die Kanten von $o\{111\}$ stärker abgerundet, als die von $o_,\{1\bar{1}1\}$, und durch Fortwachsen entstehen dann an solchen Krystallen Flächen von $\{833\}$, sowie ein rechtes positives tetraëdrisches Pentagondodekaëder $\varrho$ (Fig. 497) mit gerundeten Flächen, annähernd $\{10.5.6\}$; bei niedriger Temperatur gebildete Krystalle zeigen $\varrho$ größer und regelmäßiger ausgebildet (s. Fig. 498). Die Bildung des Pentagondodekaëders $p\{201\}$ wird nach Scacchi[10]) durch Zusatz von Natriumnitrat, nach Morel[22]) durch Salpetersäure begünstigt, die Bildung

17) Baumhauer, Zeitschr. f. Krystall. 1877, **1**, 52.
18) Morel, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 318. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 648.
19) Klocke, N. Jahrb. f. Min. usw. 1880, **1**, 159. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 527.
20) Hankel, Abh. d. k. Ges. d. Wiss. Leipzig 1899, **24**, 482. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **35**, 181.
21) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1889, **4**, 201. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 624.
22) Morel, Bull. soc. fr. min. 1886, **9**, 294. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 398.

des tetraëdrischen Pentagondodekaëders $\varrho$ nach Wulff durch Zusatz von Zinknitrat; Letzterer erhielt sehr gut ausgebildete Krystalle von der Form der Fig. 491

Fig. 497.

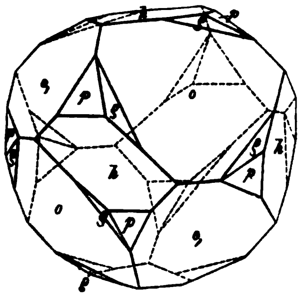


Fig. 498.

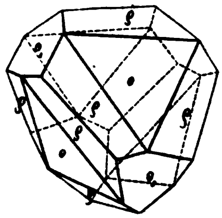
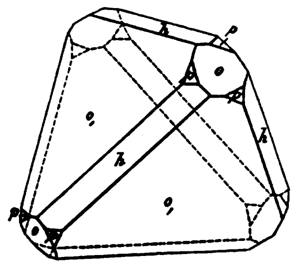
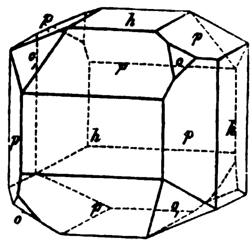


Fig. 499.



und 497 auch durch Diffusion der wässerigen Lösung gegen Alkohol und besonders gegen Salpetersäure, einmal aber eine sehr langsam entstandene Krystallisation mit teils tetraëdrischem (Fig. 499), teils hexaëdrischem (Fig. 500) Habitus, an dem das Tetraëder $o_{,}\{1\bar{1}1\}$ über $o\{111\}$ vorherrschte. Nicht häufig ist Zwillingsbildung bei oktaëdrischen und kubooktaëdrischen Krystallen; die Zwillinge gleichen denen des Spinells bzw. Galenits, sind aber nicht symmetrisch in bezug auf die Verwachsungsfläche $\{111\}$, sondern zu $\{211\}$; auch Drillinge wurden von Wulff beschrieben. Gaubert[23]), welcher mannigfache Versuche über die Krystallisation des Bleinitrates anstellte, erhielt zahlreiche Zwillinge aus bewegter Lösung.

Fig. 500.



Ätzfiguren nach Wulff auf den Tetraëdern, wie beim Baryumnitrat, aber entgegengesetzt gedreht; auf den Hexaëderflächen erscheinen Streifen, von einem Pentagondodekaëder gebildet.

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[13]):

für $C$: $n = 1{,}7730$, für $D$: $n = 1{,}7820$, für $F$: $n = 1{,}8065$;

nach Behr[5]):

für $Li$: $n = 1{,}7733$, für $Na$: $n = 1{,}7843$ (corr. 1,7838), für $Tl$: $n = 1{,}7933$.

Die sehr starke anomale Doppelbrechung wurde zuerst von Marbach[12]) l. c. 418 beobachtet; nach Klocke[24]) zeigen sechsseitige oktaëdrische Platten eine Teilung in sechs Sectoren, deren Schwingungsrichtungen ‖ und ⊥ zu den Seiten sind und deren Doppelbrechung von der Mitte nach der Oberfläche zunimmt; hexaëdrische Platten zeigen eine Teilung in vier Sectoren; zuweilen sind auch isochromatische Curven sichtbar und in oktaëdrischen Platten Axenbilder, in der Mitte ein einaxiges, nach dem Rande zu zweiaxige mit zunehmendem Axenwinkel. Weitere Beobachtungen über die optischen Anomalien dieses und der vorhergehenden Nitrate stellte G. Wulff[25]) an.

---

23) Gaubert, Bull. soc. fr. min. 1896, **19**, 431 (Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 683). S. auch ebenda 1895, **18**, 141 (Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 621); 1900, **23**, 211 (Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **35**, 640) und 1902, **25**, 223 (Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **39**, 192).

24) Klocke, N. Jahrb. f. Min. usw. 1880, **1**, 76 und 1881, **2**, 268. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 526 und **6**, 418.

25) G. Wulff, Bull. Soc. Nat. Univ. Warschau 1895—96, **3**, 1. Ausz. Zeitschr. f. Kryst. **31**, 511.

Die von Hankel[20]) (l. c. 486) pyroëlektrisch untersuchten Krystalle waren Combinationen der beiden Tetraëder, welche sich nur durch ihre elektrische Polarität unterschieden, mit dem Hexaëder.

### Monokline Modification.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7858:1:2,7185;\quad \beta = 109^\circ 38'$ Morel[2]).

Aus Lösungen, welche etwas rauchende Salpetersäure enthalten, bilden sich nach Morel zuweilen beim Abkühlen auf 0° rhomboëderähnliche Krystalle der Combination $m\{110\}$, $c\{001\}$ mit kleinen Flächen $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *73° 0′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *74 20 |
| $c:q = (001):(011) =$ | — | *68 20 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 49° 18′ | 49 10 |
| $m':q = (\bar{1}10):(011) =$ | 62 50 | 62 30 |

## Strontiumchlorat = $(ClO_3)_2Sr$.

Rhombisch pyramidal.

$a:b:c = 0,9174:1:0,6003$ Topsøe[26]).

Das Salz krystallisiert nach Topsøe bei gewöhnlicher Temperatur in bipyramidal ausgebildeten Combinationen der gleich groß entwickelten Pyramiden $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ mit den untergeordneten Formen $m\{110\}$ und $x\{131\}$. An Krystallen, welche 16,7% $(NO_3)_2Sr$ enthielten, beobachtete Traube[3]) (l. c. 136) die gleichen Formen, von welchen aber $m\{110\}$ oft fehlte und $x\{131\}$ dann größer ausgebildet war.

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Beobachtet: Traube: |
|---|---|---|---|
| $o:\omega = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *96° 49′ | 96° 55′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 53° 19½′ | 53 5 | 53 14 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *58 35 | 58 35 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 85 4 | 84 50 | 83 56 |
| $x:o = (131):(111) =$ | 29 40 | 29 53 | 29 39 |
| $x:x = (131):(1\bar{3}1) =$ | 35 16 | 35 24 | 35 21 |

Die polare Pyroëlektricität ist nach Traube sowohl an den Krystallen der isomorphen Mischung als an denen des reinen Salzes stark; der analoge Pol ist derjenige, an welchem $o$ und $x$ auftreten.

## Calciumjodat = $(JO_3)_2Ca$
(nat. Lautarit).

Spec. Gew. 4,591 Schulten[27]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6331:1:0,6462;\quad \beta = 106^\circ 22'$ Osann[28]).

Die von Osann gemessenen natürlichen Krystalle sind prismatische Combinationen $m\{110\}$, $l\{120\}$, $c\{001\}$, untergeordnet $b\{010\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, selten $\varrho\{10\bar{1}\}$. Aus der Lösung in geschmolzenem Natriumnitrat erhielt Schulten[27]) Krystalle mit den Formen $q\{011\}$, $l\{120\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, von welchen gewöhnlich die beiden ersten am größten ausgebildet waren und $c$ oft fehlte.

26) Topsøe, Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien 1872, **66**, 33.
27) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1898, **21**, 144. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 640.
28) Osann, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **23**, 586.

| | Berechnet: | Beobachtet: Osann: | Schulten: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *62° 33′ | 62° 37′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *63 36 | 63 47 |
| $m:r = (110):(101) =$ | — | *46 31 | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | 76° 4′ | 76 15 | 76 7 |
| $l:l = (120):(1\bar{2}0) =$ | 101 5 | 101 24 | 101 7 |

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ ziemlich vollkommen, nach $a\{100\}$ und $m\{110\}$ in Spuren.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; die Schwingungsrichtung der größten Lichtgeschwindigkeit bildet mit der $c$-Axe ca. 25° im stumpfen Winkel $\beta$.

### Strontiumjodat = $(JO_3)_2Sr$.

Spec. Gew. 5,045 Schulten[29]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,9697:1:0,5346 \text{ Schulten}^{29});$$
$$\alpha = 92^\circ 23', \quad \beta = 95^\circ 48', \quad \gamma = 93^\circ 37'.$$

Die gemessenen Krystalle wurden aus der Lösung in geschmolzenem Natriumnitrate erhalten und zeigten vorherrschend $a\{100\}$ und $b\{010\}$, nach der Verticalaxe verlängert, schmal $n\{2\bar{1}0\}$, an den Enden $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *58° 18′ |
| $r:b = (101):(010) =$ | — | *83 37 |
| $r:p = (101):(1\bar{1}1) =$ | 25° 28′ | 25 24 |
| $r:n = (101):(2\bar{1}0) =$ | 64 24 | 64 13 |
| $n:a = (2\bar{1}0):(100) =$ | — | *26 27 |
| $n:b' = (2\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *66 19 |
| $p:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | — | *70 55 |
| $p:a = (1\bar{1}1):(100) =$ | 61 24 | 61 40 |
| $p:n = (1\bar{1}1):(2\bar{1}0) =$ | 54 13 | 54 20 |
| $p:\varrho' = (1\bar{1}1):(\bar{1}01) =$ | 61 13 | 61 39 |
| $\varrho:\omega = (10\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 26 28 | 25 52 |
| $\pi:a = (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | 64 55 | 64 57 |
| $\varrho:\pi = (10\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 24 46 | 24 48 |
| $r:\pi' = (101):(\bar{1}11) =$ | 58 44 | 58 57 |
| $\pi:n = (1\bar{1}\bar{1}):(2\bar{1}0) =$ | 56 52 | 56 50 |
| $\pi:b' = (1\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}0) =$ | 61 13 | 61 0 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 86 7 | — |
| $c:b = (001):(010) =$ | 84 2 | — |

Auf $\{100\}$ Auslöschung nahe $\parallel c$, auf $\{010\}$ unter 22° im stumpfen Winkel $[101, 100]$. Axenebene nahe $\parallel (010)$.

### Baryumjodat = $(JO_3)_2Ba$.

Spec. Gew. 4,998 Schulten[29]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,0833:1:1,2403; \quad \beta = 94^\circ 6' \text{ Schulten}^{29}).$$

Darstellung gleich vor. Prismen $m\{110\}$, an den Enden $q\{011\}$ und $r\{101\}$; selten noch $a\{100\}$ und $b\{010\}$.

---

29) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 107. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 180.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *94 26′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *102 6 |
| $q:r = (011):(101) =$ | — | *64 23 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 53° 3′ | 53 15 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 57 15 | 57 5 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 58 22 | 58 32 |

### Cuprijodat = $(JO_3)_2Cu$.

Spec. Gew. 5,241 Granger und Schulten[30].
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,8788:1:1,0520$; $\beta = 95°44'$ Granger und Schulten[30].

Wenn man eine gesättigte Lösung des Hydrates in concentrierter Salpetersäure (vom spec. Gew. 1,33) auf dem Wasserbade einengt, so entstehen als erste Abscheidung Krystalle des wasserfreien Salzes. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $r\{101\}$, $\sigma\{10\bar{2}\}$ und kleine Flächen eines nicht bestimmbaren $\{hkl\}$. Die lebhaft glänzenden, durchsichtigen Kryställchen sind tafelig nach $a$ und zugleich etwas nach der $b$-Axe verlängert.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *84° 16′ |
| $a:\sigma = (100):(10\bar{2}) =$ | — | *63 23 |
| $a:r = (100):(101) =$ | 37° 30′ | 37 32 |
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *41 10 |
| $a:n = (100):(120) =$ | 60 14 | 60 15 |
| $c:n = (001):(120) =$ | 87 9 | 87 16 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$.

Von sehr blaßgrüner Farbe. Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; die Auslöschungsrichtung auf $\{010\}$ bildet einen Winkel von 42° ca. mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$.

## Wasserhaltige normale Nitrate, Chlorate usw. zweiwertiger Metalle.

Verbindungen salpetersaurer Salze zweiwertiger Metalle mit einem Mol. $H_2O$ sind nicht bekannt, doch kann auf die Existenz von **Baryumnitrat-Monohydrat**=$(NO_3)_2Ba.H_2O$ daraus geschlossen werden, daß nach Traube[1]) die monoklinen Krystalle von $(ClO_3)_2Ba.H_2O$ und von $(BrO_3)_2Ba.H_2O$ bis zu 9 bzw. 4½% des Nitrates in isomorpher Mischung aufzunehmen vermögen; leider sind die Angaben über die Messungen der Mischkrystalle a. a. O. derart fehlerhaft, daß die Untersuchung jedenfalls wiederholt werden muß. Vom Calcium krystallisiert das zerfließliche Chlorat mit 2 Mol. $H_2O$, das Jodat in höherer Temperatur allerdings mit 1 Mol. $H_2O$, dieses Hydrat ist aber nicht gemessen worden; krystallographisch untersucht ist nur das

30) A. Granger u. A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904, **27**, 143. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 109.

1) Traube, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **23**, 133.

**Calciumbromat-Monohydrat** $= (BrO_3)_2Ca.H_2O$, welches flächenreiche monokline Krystalle bildet, deren Axenverhältnisse einige Ähnlichkeit mit denjenigen der folgenden Gruppe zeigen; ob hier Isomorphie vorliegt, ließe sich nur durch Untersuchung von Mischkrystallen entscheiden. Strontiumchlorat scheint auch in niedriger Temperatur kein Monohydrat zu bilden, während das Jodat bei gewöhnlicher Temperatur mit 1 Mol. $H_2O$ krystallisiert, aber nicht gemessen worden ist. Folgende monoklin krystallisierende Salze sind unzweifelhaft isomorph: **Strontiumbromat-Monohydrat** $= (BrO_3)_2Sr.H_2O$, **Baryumchlorat-Monohydrat** $= (ClO_3)_2Ba.H_2O$, **Baryumbromat-Monohydrat** $= (BrO_3)_2Ba.H_2O$ und **Baryumjodat-Monohydrat** $= (JO_3)_2Ba.H_2O$, ferner **Bleichlorat-Monohydrat** $= (ClO_3)_2Pb.H_2O$, dessen Form früher irrtümlich bestimmt worden war, und **Bleibromat-Monohydrat** $= (BrO_3)_2Pb.H_2O$, von dem zwar die Cohäsions- und optischen Verhältnisse nicht bestimmt worden sind, welches aber jedenfalls zu dieser isomorphen Gruppe gehört; von dem Jodat scheint kein Hydrat zu existieren, wenigstens wird nur das wasserfreie $(JO_3)_2Pb$ als schwer lösliches Pulver angegeben. Ebenfalls monoklin, aber von den vorhergehenden Verbindungen ganz verschieden, krystallisiert das **Cadmiumbromat-Monohydrat** $= (BrO_3)_2Cd.H_2O$; doch muß bemerkt werden, daß der Autor dieses Salzes keine Analyse angibt und dasselbe von keinem anderen Chemiker angeführt wird (auch Goßner konnte es nicht erhalten), während seine Krystallform einige Ähnlichkeit zeigt mit der des sogleich zu erwähnenden Dihydrates; indessen sind die Winkeldifferenzen doch zu groß, um ohne erneute, auch auf die optischen Eigenschaften auszudehnende Untersuchung die Identität beider Salze zu behaupten. **Cuprijodat-Monohydrat** $= (JO_3)_2Cu.H_2O$ krystallisiert triklin und nimmt daher eine ganz isolierte Stellung ein.

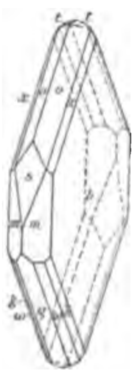
Von Verbindungen hierher gehöriger Salze mit 2 Mol. Wasser ist nur eine einzige krystallographisch untersucht, nämlich **Cadmiumbromat-Dihydrat** $= (BrO_3)_2Cd.2H_2O$, dessen flächenreiche Krystalle dem rhombischen Systeme angehören.

**Calciumnitrat-Tetrahydrat** $= (NO_3)_2Ca.4H_2O$ krystallisiert monoklin; das ebenfalls monokline **Strontiumnitrat-Tetrahydrat** $= (NO_3)_2Sr.4H_2O$, das sogenannte Sénarmontsche Salz, ist wahrscheinlich damit isomorph; in welcher Weise aber die flächenreichen Krystalle beider Körper aufeinander zu beziehen sind, kann nur durch die Untersuchung isomorpher Mischungen entschieden werden. Ob die entsprechenden Hydrate der chlorsauren Salze existieren, ist zweifelhaft. Endlich krystallisiert auch **Magnesiumjodat-Tetrahydrat** $= (JO_3)_2Mg.4H_2O$ monoklin, zeigt aber keine Ähnlichkeit seiner Formen mit den Nitraten.

Am größten ist die Zahl der Verbindungen mit 6 Mol. $H_2O$. **Magnesiumnitrat-Hexahydrat** $= (NO_3)_2Mg.6H_2O$ krystallisiert monoklin; **Nickel- und Kobaltnitrat-Hexahydrat** $= (NO_3)_2Ni.6H_2O$ und $(NO_3)_2Co.6H_2O$ sind ebenfalls monoklin und mit einander, aber nicht mit dem vorigen isomorph.

Von dem Nickelsalze erhielt Marignac[2]) in niedriger Temperatur lamellare Krystalle, deren Habitus verschieden von den in warmer Lösung entstehenden war und deren Form nicht bestimmt werden konnte; er hält sie für eine dimorphe Modification, welche jedoch auch nicht der Form des Magnesiumsalzes zu entsprechen scheine. Über **Nickel- und Kobaltchlorat-Hexahydrat** = $(ClO_3)_2Ni.6H_2O$ und $(ClO_3)_2Co.6H_2O$ liegt nur die Angabe von Wächter[3]) vor, daß sie sehr zerfließliche reguläre Oktaëder bilden; dieselbe Form giebt er als wahrscheinlich auch für das Kupfersalz an. Unzweifelhaft kubisch krystallisieren **Magnesium-, Nickel-, Kobalt- und Zinkbromat-Hexahydrat** = $(BrO_3)_2Mg.6H_2O$, $(BrO_3)_2Ni.6H_2O$, $(BrO_3)_2Co.6H_2O$ und $(BrO_3)_2Zn.6H_2O$, welche Traube[1]) (l. c. 138) in vollkommen einfachbrechenden, oktaëdrischen Krystallen erhielt; die spec. Gewichte dieser Salze bestimmte Topsøe[4]); von dem *Mg*- und *Zn*-Salze fand Ortloff[5]) den Brechungsindex für *Na* zu 1,5139 bzw. 1,5452 (die spec. Gewichte sind 2,289 nach Topsøe bzw. 2,506 nach Ortloff); Marbach[6]) beobachtete an den auch Würfelflächen zeigenden Krystallen des Nickel- und Kobaltsalzes in hexaëdrischen Platten eine Teilung in vier, in oktaëdrischen Platten in sechs doppeltbrechende Sectoren; ähnliche optische Anomalien erkannte er später[7]) auch am Magnesium- und Zinksalze. Diese Erscheinungen sind wahrscheinlich durch isomorphe Beimischungen der untersuchten Salze bedingt, denn Traube, welcher sie an den reinen Verbindungen nicht beobachtete, fand sie an den kubischen Mischkrystallen, welche das Zinkbromat $(BrO_3)_2Zn.6H_2O$ mit dem Kobaltnitrate $(NO_3)_2Co.6H_2O$ bildet; außer diesen erhielt er auch kobaltreichere Mischungen, welche die monokline Form des letzteren zeigten. **Calciumjodat-Hexahydrat** = $(JO_3)_2Ca.6H_2O$ wurde in zwei verschiedenen Modificationen beschrieben, welche beide rhombisch krystallisieren.

Fig. 501.



**Calciumbromat-Monohydrat** = $(BrO_3)_2Ca.H_2O$.

Spec. Gew. 3,329 Topsøe[4]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,2045:1:1,0835$; $\beta = 97^\circ 53'$ Marignac[8]).

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $n\{210\}$, $b\{010\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $s\{301\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $t\{012\}$, $x\{121\}$, $\xi\{12\bar{1}\}$. Kleine, lebhaft glänzende Krystalle, nach $b\{010\}$ abgeplattet. Fig. 501 zeigt alle Formen ohne *n*, deren Flächen als schmale Zuschärfung der vorderen und hinteren Prismenkante auftreten.

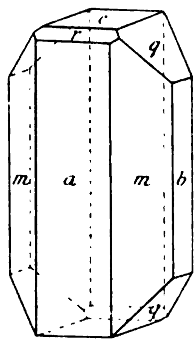
---

2) Ch. de Marignac, Annales des mines 1856, (5) **9**, 31. Oeuvres **1**, 459.
3) Wächter, Journ. f. prakt. Chemie 1843, **30**, 327.
4) Topsøe, Arch. sc. phys. nat. Genève 1872, (2) **45**, 223.
5) Ortloff, Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **19**, 211.
6) Marbach, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1855, **94**, 414.
7) Marbach, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, **99**, 465.
8) Ch. de Marignac, Annales des mines 1857, (5) **12**, 65. Oeuvres **1**, 540.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 100° 4′ | 100° 0′ |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 61 38 | 61 40 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *73 38 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *81 18 |
| $x:x = (121):(1\bar{2}1) =$ | 112 37 | — |
| $\xi:\xi = (12\bar{1}):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | 119 35 | — |
| $t:t = (012):(0\bar{1}2) =$ | 56 27 | 56 23 |
| $o:\omega = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *62 56 |
| $a:r = (100):(101) =$ | 43 42 | — |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) =$ | 52 25 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 82 7 | — |
| $s:\varrho = (301):(10\bar{1}) =$ | 71 40 | 71 40 |
| $m:o = (110):(111) =$ | 33 47 | 33 46 |
| $m:\omega = (110):(11\bar{1}) =$ | 37 12 | 37 8 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 66 56 | 67 0 |
| $m:s = (110):(301) =$ | 52 40 | 52 32 |
| $n:\omega = (210):(11\bar{1}) =$ | 43 1 | 42 45 |
| $n:\varrho = (210):(10\bar{1}) =$ | 58 25 | 58 30 |
| $n:t = (210):(012) =$ | 82 3 | 82 15 |
| $\varrho:o = (10\bar{1}):(111) =$ | 94 53 | 94 52 |
| $\varrho':t = (\bar{1}01):(012) =$ | 51 51 | 51 46 |

### Strontiumbromat-Monohydrat $= (BrO_3)_2Sr . H_2O$.

Fig. 502.




Spec. Gew. 3,778 Behr[9]), 3,773 Topsøe[4]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}1612:1:1{,}2356;$$
$$\beta = 92^\circ 38'$$ Behr[9]).

Das Salz wurde von Rammelsberg[10]) dargestellt durch Auflösen von Strontiumcarbonat in Bromsäure und Abdampfen der Lösung; später bestimmte Derselbe[11]) die Form der Krystalle: Combination von $a\{100\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$. Behr[9]) untersuchte aus heißer Lösung erhaltene Krystalle, welche die gleichen Formen, doch ohne $b\{010\}$, zeigten.

| | Berechnet: | Beobachtet: Behr: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *98° 36′ | 98° 40′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *101 58 | 101 45 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 52° 37′ | 52 57 | — |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *55 17 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 87 22 | 87 56 | 89 0 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 88 21 | 88 47 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 41 59 | 42 40 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | 60 59 | 60 43 | — |

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ vollkommen (Goßner, Privatmitt.).

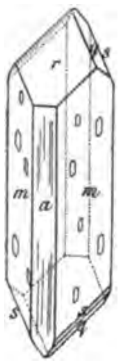
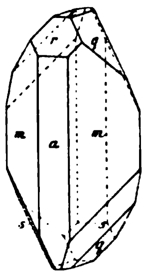
9) Behr, N. Jahrb. f. Min. usw. 1903, **1**, 148. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 666.
10) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1841, **52**, 87.
11) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1853, **90**, 18.

## Baryumchlorat-Monohydrat = $(ClO_3)_2Ba.H_2O$.

Spec. Gew. nach älteren Bestimmungen: 2,988 Boedeker (3,18—3,21 Schröder).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,1416:1:1,1981; \quad \beta = 93^\circ 34' \text{ Eakle}^{12}).$$

Fig. 503.  Fig. 504. 

Zuerst dargestellt von Wächter[3]) (l. c. 323), welcher angibt, daß das Salz unter Lichtentwickelung krystallisiert; er beobachtete die Combination $m\{110\}$, $q\{011\}$, welche er für rhombisch hielt. Kopp[13]) gab außerdem die Formen $r\{101\}$ und $a\{100\}$ an und erkannte die monokline Symmetrie. Rammelsberg[11]) (l. c. 16) beobachtete die Formen $m\{110\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$ und manchmal auch $c\{001\}$, Eakle dagegen die Combination Fig. 503: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$, selten $s\{12\bar{1}\}$, oft aber auch $q\{011\}$ am Ende vorherrschend (Fig. 504). An den von Des Cloizeaux[14]) untersuchten Krystallen waren $m\{110\}$ und $q\{011\}$ vorherrschend, $c\{001\}$, $r\{101\}$ und $s\{12\bar{1}\}$ untergeordnet.

| | Berechnet: | Beobachtet: Eakle: | Rammelsberg: | Kopp: | Wächter: | Des Cloizeaux: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *97° 27′ | 97° 30′ | 97° 0′ | 97° 39′ | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *100 19 | 100 24 | 100 50 | 100 24 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 52° 54′ | 52 54 | — | — | — | — |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 56 34 | 56 39 | — | — | — | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | 87 39 | — | 86 42 | — | — | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *41 51 | 41 9 | — | — | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | 61 18 | — | 60 27 | — | — | — |
| $r:q = (101):(011) =$ | 62 51 | 62 18 | 62 6 | — | — | — |
| $s:s = (12\bar{1}):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | 118 38 | — | — | — | — | — |
| $s:q = (12\bar{1}):(01\bar{1}) =$ | 28 31 | 28 17 | — | — | — | 28° 30′ |

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ vollkommen, nach $a\{100\}$ deutlich (Goßner, Privatmitt.).

Ätzfiguren nach Eakle s. Fig. 503.

Doppelbrechung positiv, sehr stark; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie (für verschiedene Farben wenig dispergirt) bildet mit der $c$-Axe $23\frac{1}{4}^\circ$ im spitzen Winkel $\beta$; $2E = 86^\circ 57'$ rot, $87^\circ 11'$ blau (Des Cloizeaux). Brechungsindices für $Na$ nach Eakle:

$$\alpha = 1,5622, \qquad \beta = 1,577, \qquad \gamma = 1,635,$$

daraus folgt $2V = 55^\circ 30'$.

12) Eakle, Zeitschr. f. Krystall. 1896, 26, 586.
13) Kopp, Einleitung in die Krystallographie, Braunschweig 1849, 304.
14) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 126 (Mém. Sav. étrang. Acad. Par. 1867, 18, 686.

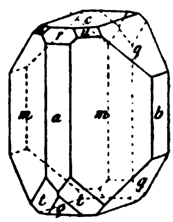
### Baryumbromat-Monohydrat = $(BrO_3)_2Ba.H_2O$.

Spec. Gew. 3,820 Topsøe[4]), 4,195 Eppler[15]), 4,253 Behr[9]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1486:1:1{,}2130$; $\beta = 93^\circ 2'$ Marignac[8]).

Rammelsberg[10]) (l. c. 86) stellte das Salz dar durch Sättigen von Barytwasser mit Brom und bestimmte später[11]) (l. c. 17) daran die Combination $m\{110\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$ und Abstumpfungen der Kanten $[110, 01\bar{1}]$ und der entsprechenden. Eine genauere Untersuchung führte Marignac (l. c. 64 bzw. 539) aus an kleinen, aber gut ausgebildeten Krystallen der Combination Fig. 505: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $t\{21\bar{1}\}$, $u\{112\}$. Eppler[15]) stellte einige Messungen an der Combination $mar$ an, combinierte dieselben aber mit einer Winkelangabe von Marignac in unrichtiger Weise und gelangte daher zu Axenverhältnissen, welche mit den übrigen Winkelangaben unvereinbar sind. Ebenfalls fehlerhaft sind die Elemente von Behr[9]) (l. c. 149), welcher die Combination $m\{110\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ beobachtete. Die Berechnung der richtigen Werte führte Goßner aus (Privatmitt.).

Fig. 505.



| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: | Eppler: | Behr: |
|---|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *97° 50′ | 97° 40′ | 97° 36′ | 97° 52′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 100° 55′ | 101 0 | 101 30 | — | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 52 53 | 53 0 | — | — | — |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 56 0 | 56 4 | — | — | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 86 58 | 86 50 | — | — | 86 52 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 88 1 | 87 45 | — | — | 87 1 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 42 0 | 41 54 | — | 41 29 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | — | *60 46 | — | 60 26 | — |
| $r:q = (101):(011) =$ | — | *63 14 | — | — | — |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 44 51 | 45 0 | — | — | 44 40 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 62 14 | 61 58 | — | — | 61 42 |
| $\varrho:q = (10\bar{1}):(01\bar{1}) =$ | 64 53 | 65 10 | — | — | — |
| $u:u = (112):(1\bar{1}2) =$ | 55 20 | — | — | — | — |
| $u:c = (112):(001) =$ | 38 0 | 37 45 | — | — | — |
| $t:t = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 55 16 | 55 24 | — | — | — |
| $t:m = (21\bar{1}):(110) =$ | 28 56 | 28 55 | — | — | — |

### Baryumjodat-Monohydrat = $(JO_3)_2Ba.H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}151:1{,}265$; $\beta = 92^\circ 22'$ Marignac[2]).

Marignac (l. c. 50 bzw. 475) erhielt aus der Lösung in salpetersäurehaltigem Wasser kleine glänzende, aber wegen Knickung der Flächen nur angenähert meßbare Krystalle der Combination: $m\{110\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 98° 0′ | 97° 30′ — 98° 20′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 103 18 | 102 0 — 104 0 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 52 30 | 52 5 — 52 50 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 60 26 | 60 10 — 60 50 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 64 40 | 63 30 — 65 20 |

15) Eppler, Zeitschr. f. Krystall. 1899, 30, 132.

## Bleichlorat-Monohydrat = $(ClO_3)_2Pb.H_2O$.

Spec. Gew. 3,989 Topsøe[4]) (ält. Best. v. Schröder: 4,01—4,06).
Monoklin prismatisch.

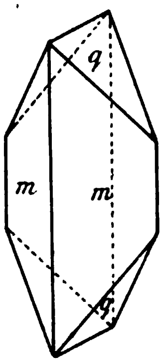
$$a:b:c = 1{,}1426:1:1{,}1730;\quad \beta = 93^{\circ}7'$$ Goßner.

Das Salz wurde zuerst untersucht von Marignac[16]); seine Krystalle zeigten gewöhnlich nur $m\{110\}$ mit $c\{001\}$ als Endfläche, manchmal noch $a\{100\}$ und $b\{010\}$, seltener und klein $r\{101\}$; bei der Messung der letzteren Form ist jedenfalls ein Irrtum vorgekommen, und daher der in Rammelsbergs Handbuch u. a. O. angegebene Wert der $c$-Axe unrichtig. Goßner (Privatmitt.) stellte deshalb eine erneute Untersuchung des Salzes an und beobachtete die Formen $m\{110\}$, $a\{100\}$ und $b\{010\}$ in ungefähr gleicher Größe, einen prismatischen Habitus bedingend, und als Endflächen $c\{001\}$ und in Form kleiner Dreiecke $s\{12\bar{1}\}$; die bei dem isomorphen Baryumchlorate gewöhnliche Form $q\{011\}$ wurde nie beobachtet, da aber ihr parallel eine ebenso vollkommene Spaltbarkeit stattfindet, wie bei jenem Salze, so konnten ihre Winkel zu den anderen Formen mittels der Spaltungsflächen gemessen werden.

| | Berechnet: | Beobachtet: Goßner: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *97° 32′ | 97° 20′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 99° 2′ | 99 16 | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | 87 57 | 88 3 | 88 0 |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *86 53 | 87 0 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 87 59 | 88 5 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 42 44 | — | (48 26?) |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 45 46 | — | — |
| $s':c = (\bar{1}21):(001) =$ | — | *69 44 | — |
| $s:a = (12\bar{1}):(100) =$ | 69 6 | 68 45 | — |
| $s:s = (12\bar{1}):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | 118 30 | 118 32 | — |
| $s:m = (12\bar{1}):(110) =$ | 28 11 | 28 3 | — |

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ vollkommen, nach $a\{100\}$ deutlich.
Auslöschung auf $b\{010\}$ ca. 19° zur $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$ geneigt.

Fig. 506.




## Bleibromat-Monohydrat = $(BrO_3)_2Pb.H_2O$.

Spec. Gew. 4,950 Topsøe[4]), 5,572 Eppler[15]), 5,533 Behr[9]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}1619:1:1{,}2145;$$
$$\beta = 92^{\circ}18'$$ Behr[9]).

Eppler[15]) (l. c. 133) beobachtete an den aus Wasser erhaltenen Krystallen nur die Formen: $m\{110\}$ und $q\{011\}$ (Fig. 506). Behr (l. c. 150) stellte seine Messungen an gut ausgebildeten Krystallen der Combination: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$ (ähnlich der des isomorphen Strontiumsalzes Fig. 502) an.

16) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, **14**, 256. Oeuvres **1**, 399. Die Elemente wurden berechnet von A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 109.

| | Berechnet: | Beobachtet: Behr: | Beobachtet: Eppler: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *98°30′ | 98°34′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *101 0 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *53 3 | 52 58 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 55°25′ | 55 21 | 55 26 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 42 38 | 42 41 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | 61 18 | 61 17 | — |
| $r:q = (101):(011) =$ | 63 16 | 63 20 | — |

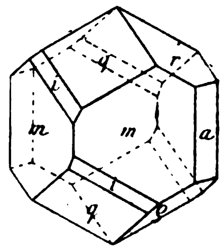
**Cadmiumbromat-Monohydrat = $(BrO_3)_2Cd.H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}0950:1:0{,}7298;$$
$$\beta = 103^{\circ}28'$$ Rammelsberg[17]).

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $i\{12\bar{1}\}$; Fig. 507 stellt die mittlere Ausbildung der Krystalle, welche oft nach einer Zone *rqim* verlängert sind, mit nach vorn gerichteter *b*-Axe dar. Zwillinge nach $r\{101\}$.

Fig. 507.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *93°36′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 70°44′ | 70 30 |
| $i:i = (12\bar{1}):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | 106 16 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 47 14 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | — | *62 18 |
| $r:q = (101):(011) =$ | — | *44 40 |
| $i:m = (12\bar{1}):(110) =$ | 41 22 | 41 25 |
| $i:q = (\bar{1}21):(011) =$ | 31 40 | 31 43 |

**Cuprijodat-Monohydrat = $(JO_3)_2Cu.H_2O$.**

Spec. Gew. 4,876 Schulten[18]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}2898:1:1{,}5188$$ Schulten[18]).
$$\alpha = 82^{\circ}38', \qquad \beta = 95^{\circ}0', \qquad \gamma = 91^{\circ}6'.$$

Dargestellt von Granger und Schulten[18]) durch tropfenweisen Zusatz von $JO_3K$-Lösung zu einer auf 90° erwärmten, stark salpetersauren Lösung von Kupfernitrat. Glänzende prismatische Krystalle mit den Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $x\{112\}$, $\xi\{1\bar{1}2\}$, $z\{11\bar{2}\}$, $\zeta\{1\bar{1}\bar{2}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $\eta\{3\bar{1}0\}$, $\nu\{\bar{1}\bar{3}0\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $y\{11\bar{4}\}$; $z$, $\zeta$, $\nu$ sind untergeordnet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(011) =$ | — | *89°26′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 85° 7′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 97 17 | — |
| $b:\varkappa = (0\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | — | *31 10 |
| $b:\varrho = (010):(10\bar{1}) =$ | — | *84 36 |

17) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Leipzig 1881, 1, 324.
18) Granger u. A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904, 27, 140. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 42, 109.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b':\mu = (0\bar{1}0):(1\bar{1}0)$ | = 37° 52′ | 37° 40′ |
| $b:m = (010):(110)$ | = 37 27 | — |
| $a:\eta = (100):(3\bar{1}0)$ | = 23 27 | 23 41 |
| $a:\varkappa = (100):(0\bar{1}1)$ | = — | *87 54 |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1})$ | = — | *42 37 |
| $\varrho:\varkappa = (10\bar{1}):(01\bar{1})$ | = 66 54 | 66 46 |
| $\varrho:\eta = (10\bar{1}):(3\bar{1}0)$ | = 50 10 | 50 3 |
| $\xi:\mu = (1\bar{1}2):(1\bar{1}0)$ | = 41 45 | 41 51 |
| $\xi:y' = (1\bar{1}2):(\bar{1}\bar{1}4)$ | = 39 48 | 39 38 |
| $\xi:\zeta = (1\bar{1}2):(\bar{1}12)$ | = 87 7 | 86 55 |
| $x:y' = (112):(\bar{1}\bar{1}4)$ | = 70 27 | 70 18 |

Von hellblauer bis grüner Farbe. Die Auslöschungsrichtung auf (100) bildet einen Winkel von 48° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\alpha$; auf (010) bildet sie einen Winkel von 28° mit dieser Axe im stumpfen Winkel $\beta$.

## Cadmiumbromat-Dihydrat = $(BrO_3)_2Cd.2H_2O$.

Spec. Gew. 3,758 Topsøe[19]).
Rhombisch bipyramidal (pseudotetragonal).

$a:b:c = 0{,}9885:1:0{,}7392$ Topsøe[19]).

Das Salz krystallisiert nach Topsøe aus der Lösung bei gewöhnlicher Temperatur in schönen, flächenreichen Combinationen: $b\{010\}$ vorherrschend, $n\{210\}$, $r\{101\}$ und $q\{011\}$ groß, untergeordnet: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $k\{021\}$, $i\{211\}$, häufig auch $o\{111\}$, $x\{212\}$, $l\{230\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = 89° 20′ | 89° 20′ |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0)$ | = — | *52 36 |
| $l:b = (230):(010)$ | = 34 0 | 33 59 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | = 72 57 | 73 1 |
| $k:b = (021):(010)$ | = 34 4½ | 34 11 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01)$ | = — | *73 35 |
| $q:m = (011):(110)$ | = 65 18½ | 65 13 |
| $q:n = (011):(210)$ | = 74 44 | 74 42 |
| $r:m = (101):(110)$ | = 64 47 | 64 40 |
| $r:n = (101):(210)$ | = 57 31½ | 57 30 |
| $r:q = (101):(011)$ | = 49 54½ | 49 54 |
| $o:c = (111):(001)$ | = 46 26 | 46 22 |
| $o:b = (111):(010)$ | = 59 22½ | 59 5 |
| $o:a = (111):(100)$ | = 58 59 | 59 15 |
| $i:c = (211):(001)$ | = 59 4 | 58 48 |
| $i:b = (211):(010)$ | = 67 40 | 67 46 |
| $i:a = (211):(100)$ | = 39 44½ | 39 35 |
| $x:c = (212):(001)$ | = 39 49½ | 39 45 circa |
| $x:b = (212):(010)$ | = 73 31 | 73 10 circa |
| $i:r = (211):(101)$ | = 29 17 | 29 11 |
| $i:m = (211):(101)$ | = 35 30½ | 35 40 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

19) Topsøe, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1872, **66** (II), 35.

### Calciumnitrat-Tetrahydrat = $(NO_3)_2Ca.4H_2O$.

Spec. Gew. nach älteren Bestimmungen: 1,88 Favre und Valson, 1,90 Ordway.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,5839:1:0,6876$; $\beta = 98^\circ 6'$ Marignac[2]).

Marignac (l. c. 28 bzw. 456) beobachtete die Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $n\{210\}$. Prismatisch nach der $c$-Axe verlängert; selten sind $b$ und $n$, letzteres immer nur schmal.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *57°28′ |
| $a:n = (100):(210) =$ | 38° 5′ | 37 50 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 68 30 | 68 30 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 61 28 | 61 40 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 66 48 | 66 46 |
| $a:r = (100):(101) =$ | 59 50 | 60 5 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 81 54 | — |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) =$ | — | *73 30 |
| $a:o = (100):(111) =$ | 64 25 | 64 10 |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | — | *76 17 |
| $m:o = (110):(111) =$ | 48 28 | 48 25 |
| $m:\omega = (110):(11\bar{1}) =$ | 53 44 | 53 43 |
| $a:q = (100):(011) =$ | 83 18 | 83 6 |

### Strontiumnitrat-Tetrahydrat = $(NO_3)_2Sr.4H_2O$.

Spec. Gew. 2,249 Favre und Valson, 2,113 Filhol (ältere Best.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6547:1:0,8976$; $\beta = 91^\circ 10'$ Sénarmont[20]).

Nach Baker[21]) entsteht das Salz bei 32° neben dem wasserfreien. Brooke[22]) beobachtete die kurzprismatische Combination: $m\{110\}$, $n\{130\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $k\{012\}$, Sénarmont außerdem noch die Formen: $q\{011\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\tau\{21\bar{2}\}$. Einige Messungen stellte auch Rammelsberg[23]) an.

| | Berechnet: | Beobachtet: Sénarmont: | Rammelsberg: | Brooke: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *66°25′ | 66°30′ | 66°20′ |
| $n:n' = (130):(\bar{1}30) =$ | 53°58′ | 54 0 | 54 20 | 54 0 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 83 48 | 84 0 | — | — |
| $k:k = (012):(0\bar{1}2) =$ | — | *48 20 | — | 48 13 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *36 40 | — | — |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 47 44 | 47 40 | — | — |
| $k:m = (012):(110) =$ | 76 8 | 76 8 | 77 50 | 78 55 |
| $k:m' = (012):(\bar{1}10) =$ | 77 57 | 77 56 | 78 20 | 78 55 |
| $k:n = (012):(110) =$ | 68 5 | 68 2 | — | — |
| $k:n' = (012):(\bar{1}10) =$ | 69 7 | 69 4 | — | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 44 51 | — | — | — |

20) H. de Sénarmont, Ann. chim. phys. 1854, (3) 41, 326. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1854, 91, 491.

21) Baker s. Mallet, Chem. News 1880, 42, 193. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 6, 543.

22) Brooke, Annals of Philos. Lond. 1824, 23, 288.

23) Rammelsberg, Die neuesten Forsch. d. kryst. Chemie, Suppl. z. Handb. d. kryst. Chemie, Leipzig 1857, 53.

| | Berechnet: | Beobachtet: Sénarmont: | Rammelsberg: | Brooke: |
|---|---|---|---|---|
| $\omega' : q = (\bar{1}11) : (011)$ | $= 46^\circ\ 1'$ | — | — | — |
| $\omega : m = (11\bar{1}) : (110)$ | $= 31\ 39$ | $31^\circ 20'$ | — | — |
| $\omega : \varrho = (11\bar{1}) : (10\bar{1})$ | $= 28\ 6$ | $28\ 15$ | — | — |
| $\tau : \tau = (21\bar{2}) : (2\bar{1}\bar{2})$ | $= 29\ 54$ | $30\ 10$ | — | — |
| $\tau : a = (21\bar{2}) : (100)$ | $= 39\ 3$ | — | — | — |
| $\tau' : k = (\bar{2}12) : (012)$ | $= 52\ 1$ | — | — | — |
| $\tau : \varrho = (21\bar{2}) : (10\bar{1})$ | $= 14\ 57$ | — | — | — |

Nach Brooke keine deutliche Spaltbarkeit, nach Sénarmont[20]) existiert eine solche, wahrscheinlich nach $c\{100\}$.

Doppelbrechung negativ, sehr stark; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet $11^\circ$—$12^\circ$ mit der Verticalaxe im spitzen Winkel $\beta$; $2E$ ca. $30^\circ$ (Sénarmont[20]). Des Cloizeaux[24]) beobachtete $2E = 31^\circ 10'$ rot, $30^\circ 40'$ violett; geneigte Dispersion sehr schwach. Aus der Lösung in einem Campecheholz-Abgusse bilden nach Sénarmont[20]) sich purpurrot gefärbte Krystalle mit starkem Pleochroïsmus (rot und dunkelviolett), deren Spaltungsplatten in den Richtungen der beiden optischen Axen lebhafte Büschel zeigen. Über die künstliche Färbung der Krystalle s. auch Becquerel[25]) und Camichel[26]).

### Magnesiumjodat-Tetrahydrat = $(JO_3)_2Mg.4H_2O$.

Spec. Gew. 3,283 Bishop b. Clarke.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,249 : 1 : 1,268$; $\beta = 100^\circ 40'$ Marignac[8]).

Dargestellt von Marignac (l. c. 71 bezw. 546). Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $s\{102\}$. Schöne, lebhaft glänzende Krystalle; doch sind die meisten Winkel nur ungenau meßbar. $s$ und $o$ sind meist klein und fehlen oft; $a$ ist vertical gestreift.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : m = (100) : (110)$ | $= 50^\circ 50'$ | $48^\circ$—$53^\circ$ |
| $c : a = (001) : (100)$ | $= 79\ 20$ | $79^\circ 20$ |
| $c : b = (001) : (102)$ | $= 24\ 28$ | $24\ 28$ |
| $c : m = (001) : (110)$ | $= 83\ 17$ | $82^\circ$—$84^\circ$ |
| $c : o = (001) : (111)$ | $= 53\ 18$ | $53$ —$54$ |
| $c : \omega' = (001) : (\bar{1}11)$ | $= 62\ 58$ | $62$ —$64$ |
| $a : o = (100) : (111)$ | $= 52\ 55$ | $52^\circ 30'$—$53^\circ 30'$ |
| $a : \omega = (100) : (11\bar{1})$ | $= 62\ 25$ | $62^\circ$—$63$ |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$ | $= 88\ 7$ | $88$ —$89$ |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1)$ | $= 77\ 30$ | $76$ —$78$ |

Spaltbarkeit vollkommen nach $a\{100\}$.

### Magnesiumnitrat-Hexahydrat = $(NO_3)_2Mg.6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,5191 : 1 : 0,9698$; $\beta = 92^\circ 56'$ Marignac[2]).

---

24) Des Cloizeaux, Annales de mines 1848, (4) **14**, 65.
25) Becquerel, Ann. chim. phys. 1888, (6) **14**, 170. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 332.
26) Camichel, Ann. chim. phys. 1895, (7) **5**, 433. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 646.

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$. Die Krystalle sind nach Marignac (l. c. 29 bzw. 457) lange Prismen und zeigen gewöhnlich nur $m$ und $c$, zum Teil auch Andeutungen von nicht bestimmbaren Flächen an den Kanten von Basis zu Prisma. Selten und untergeordnet treten $q$ und $k$ auf.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *54° 48′ |
| $c:q = (001):(011) =$ | — | *44 5 |
| $c:k = (001):(012) =$ | 25° 30′ | 25 50 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *87 24 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 69 21 | 69 30 |
| $m:k = (110):(012) =$ | 76 2 | 75 30 |
| $m:q = (110):(01\bar{1}) =$ | 73 17 | 73 10 |
| $m:k = (110):(01\bar{2}) =$ | 80 49 | 81 0 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ sehr vollkommen.

### Nickelnitrat-Hexahydrat = $(NO_3)_2Ni.6H_2O$.

Spec. Gew. 2,020 Goßner[27]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,164:1:1,904$; $\beta = 101°26'$ Marignac[2]).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$; die nach $c$ tafeligen Krystalle erhielt Marignac l. c. 30 bzw. 458 beim Verdunsten der Lösung bei 30°—40° oder durch langsames Abkühlen noch vor dem vollständigen Erkalten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *97° 40′ |
| $c:r = (001):(101) =$ | — | *50 30 |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | 67° 14′ | 67 0 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *82 30 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 54 29 | 54 20 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 56 57 | 57 20 |

### Kobaltnitrat-Hexahydrat = $(NO_3)_2Co.6H_2O$.

Spec. Gew. 1,888 Goßner[27]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,172:1:1,925$; $\beta = 101°0'$ Marignac[2]).

Krystalle werden nach Marignac (l. c. 30 bzw. 458) erhalten beim Verdunsten der Lösung im Vacuum oder durch Abkühlen einer conc. Lösung. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$; die tafeligen Krystalle zeigen gewöhnlich $c$, $m$ und $r$, daneben noch $q$ und manchmal andeutungsweise $a$. Sie sind infolge ihrer Bildung aus einer syrupösen Lösung immer oberflächlich mit Mutterlauge behaftet und gestatten nur angenäherte Messungen.

---

27) Goßner, Zeitschr. f. Krystall. 1907, **43**, 136. An den hierbei benutzten, unvollkommenen Krystallen des Nickelsalzes beobachtete Derselbe (Privatmitt.) eine sehr vollkommene Spaltbarkeit nach einem der Symmetrieaxe parallelen Pinakoide; die 1. Mittellinie der optischen Axen bildet ca. 8° (scheinbarer W.) mit der Normale der Spaltungsebene; $2E = 64°$ ca., $\varrho > v$; Doppelbrechung negativ, stark.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *98° |
| $c:q = (001):(011) =$ | 62° 7′ | 62 |
| $c:a = (001):(100) =$ | 79 0 | 78°10′ |
| $c:m = (001):(110) =$ | 82 49 | 82°—83° |
| $c:r = (001):(101) =$ | — | *50°50′ |
| $r:m = (101):(110) =$ | — | *54 40 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 72 49 | 72 circa |

Spaltbarkeit und optische Eigenschaften nach Goßner (Privatmitt.) wie beim Nickelsalze (s. vor. S. Anm.); Abweichung der 1. Mittellinie von der Normale der Spaltungsebene ca. 18° scheinb. W., $2E = 62\frac{1}{2}°$.

## Calciumjodat-Hexahydrat = $(JO_3)_2Ca.6H_2O$.

### 1. Modification.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}4357:1:0{,}5229$ Sénarmont[28]).

Schöne große Krystalle werden aus salpetersaurer Lösung erhalten. Gemessen von Sénarmont[28]). Die obige Formel ist von Marignac[8]) (l. c. 71 bzw. 546) aufgestellt, der die Messungen von Sénarmont bestätigte. Letzterer beobachtete die Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$ vorherrschend, ein pseudohexagonales Prisma bildend; am Ende: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $k\{031\}$, $t\{041\}$, $x\{331\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *47° 5′ |
| $c:k = (001):(031) =$ | 57°30′ | 57 31 |
| $c:t = (001):(041) =$ | 64 27 | 64 30 |
| $c:o = (001):(111) =$ | — | *52 38 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 37 0 | 37 2 |
| $o:'o = (111):(11\bar{1}) =$ | 86 28 | — |
| $c:x = (001):(331) =$ | 75 43 | 75 40 |
| $b:x = (010):(331) =$ | 67 13 | — |
| $x:x = (331):(3\bar{3}1) =$ | 54 40 | — |

### 2. Modification.

Fig. 508.

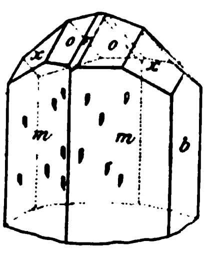
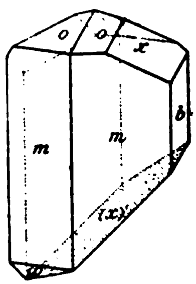



Fig. 509.




Rhombisch pyramidal.

$a:b:c = 0{,}6465:1:0{,}2768$ Eakle[12]).

Von Eakle (l. c. 581) erhalten aus einer Lösung, welcher Calciumchromat zugesetzt war. Prismatische Combinationen (Fig. 508 und 509) von $m\{110\}$ und $b\{010\}$ mit $o\{111\}$, $x\{131\}$ und $r\{101\}$ an einem Ende, am anderen nur unvollkommene rauhe Flächen von $\omega\{11\bar{1}\}$ oder $(x)\{13\bar{1}\}$, oft nur eine einzige Fläche der letzteren Form.

28) A. de Sénarmont in Rammelsberg: Die neuesten Forschungen in der krystall. Chemie. Suppl. z. Handb. der krystall. Chemie. Leipzig 1857, S. 71.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:m = (010):(110) =$ | — | *57° 7′ |
| $m:o = (110):(111) =$ | — | *62 59 |
| $m:x = (110):(131) =$ | 53° 41′ | 53 34 |
| $b:x = (010):(131) =$ | 52 38 | 52 35 |
| $x:o = (131):(111) =$ | 23 5 | 23 8 |
| $x:o' = (131):(\bar{1}11) =$ | 47 4 | 47 11 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 28 32 | 28 30 |
| $o:'o = (111):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 54 2 | 54 3 |
| $o:{}_{,}m = (111):(\bar{1}\bar{1}0) =$ | 79 15 | 79 14 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ unvollkommen.

Die Ätzfiguren auf $m\{110\}$, durch Wasser hervorgebracht, entsprechen der pyramidalen Symmetrie (s. Fig. 508).

Doppelbrechung positiv, stark; Axenebene $c\{001\}$.

## Ammoniak- und Alkylsulfidverbindungen von normalen Nitraten zweiwertiger Metalle.

**Tetrammin-Cuprinitrat** = $(NO_3)_2Cu.4NH_3$ wurde als rhombisch beschrieben, die Ausbildung der Zwillinge spricht aber für monokline Symmetrie; die entscheidende optische Untersuchung fehlt. Das Nitrat der Reissetschen Base, **Tetrammin-Platonitrat** = $(NO_3)_2Pt.4NH_3$ krystallisiert monoklin, ohne hervortretende Ähnlichkeit der Formen mit dem vorigen.

Von den nach dem Typus der Tetramminsalze zusammengesetzten Alkylsulfidverbindungen ist nur eine gemessen worden: **Platoisobutylsulfinnitrat** = $(NO_3)_2Pt.2S(_iC_4H_9)_2$, welches rhombisch krystallisiert.

**Tetrammin-Nickelnitrat-Monohydrat** = $(NO_3)_2Ni.4NH_3.H_2O$ soll nach Rammelsberg[1]) in regulären Oktaëdern, zuweilen mit dem Würfel, krystallisieren.

### Tetrammin-Cuprinitrat = $(NO_3)_2Cu.4NH_3$.

Rhombisch? (monoklin?).

$a:b:c = 0,5477:1:0,6350$ Marignac[2]).

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $s\{104\}$, $n\{120\}$, $l\{340\}$. Prismatisch nach der $c$-Axe; meist nur $m$ und $q$ vorhanden, selten $a$, noch seltener $s$, $n$, $l$. Die Krystalle bilden oft Zwillinge nach $a\{100\}$, an denen die $q$-Flächen in eine Ebene fallen und zwei $s$-Flächen einen einspringenden Winkel bilden, während die beiden anderen dann gewöhnlich fehlen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *57° 25′ |
| $a:l = (100):(340) =$ | 36° 8′ | 36 0 |
| $a:n = (100):(120) =$ | 47 36 | 47 30 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *64 50 |
| $a:s = (100):(104) =$ | 73 50 | 73 45 |

1) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 374.

2) Ch. de Marignac, Annales de mines 1857, (5) **12**, 23. Oeuvres **1**, 500.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:s = (011):(104)$ | $= 35°50'$ | $35°45'$ |
| $q:m = (011):(110)$ | $= 73\ \ 5$ | $74\ \ 50$ |
| $q:n = (011):(120)$ | $= 66\ \ 41$ | $66\ \ 44$ |

Farbe tiefblau.

## Tetramminplatonitrat = $(NO_3)_2Pt.4NH_3$.

**(Nitrat der Reissetschen Base.)**

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}3549:1:1{,}0177;\quad \beta = 112°49'$$ Sella[3]).

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $\sigma\{30\bar{8}\}$, $y\{221\}$, $\xi\{12\bar{2}\}$, $b\{010\}$, $k\{012\}$; Ausbildung prismatisch mit vorherrschendem *a*. Nordenskiöld[4]) beobachtete an Krystallen aus der Sammlung von Berzelius nur die Formen *a*, *m*, *q* und *k*, ohne jedoch für letztere eine Winkelmessung zu geben. Nach Sellas eingehender Untersuchung des von Peyrone nach Reissets Verfahren dargestellten Präparates zeigt dasselbe große Abwechslung in der Ausbildung der Krystalle; die einfachste Combination besteht aus den Formen *a*, *m*, *q*; eine flächenreichere zeigt noch *b* und *w*; eine dritte statt dieser beiden letzteren Formen noch untergeordnet *c* und $\varrho$; die flächenreichste endlich entsteht durch das Hinzutreten von *r*, $\varrho$, *c*, $\sigma$, $\omega$, $\xi$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Sella: | Beobachtet: Nordenskiöld: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (100):(110)$ | $= 51°19'$ | $51°19'$ | $51°12'$ |
| $a:q = (010):(011)$ | $= 46\ \ 50$ | — | — |
| $\omega:\omega = (1\bar{1}\bar{1}):(11\bar{1})$ | $= 87\ \ 5$ | $87\ \ 6$ | — |
| $b:\xi = (010):(12\bar{2})$ | $= 44\ \ 30$ | — | — |
| $b:y = (010):(221)$ | $= 47\ \ 53$ | — | — |
| $a:c = (100):(001)$ | $= 67\ \ 11$ | — | — |
| $a:r = (100):(101)$ | $= 38\ \ 59$ | $38\ \ 43$ | — |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1})$ | $= 68\ \ 29$ | — | — |
| $a:\sigma = (100):(30\bar{8})$ | $= 96\ \ 34$ | $97\ \ 30$ ca. | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1})$ | $= 74\ \ 32$ | $74\ \ 33$ | — |
| $a:\xi = (100):(12\bar{2})$ | $= 90\ \ 32$ | $90$ ca. | — |
| $a:y = (100):(221)$ | $= 47\ \ 53$ | $49$ ca. | — |
| $c:m = (001):(110)$ | $= 75\ \ 59$ | — | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11)$ | $= 58\ \ 40$ | — | — |
| $c:\xi' = (001):(\bar{1}22)$ | $= 49\ \ 30$ | — | — |
| $c:y = (001):(221)$ | $= 55\ \ 20$ | — | — |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1})$ | $= 76\ \ 45$ | — | — |
| $m:r = (110):(101)$ | $= 60\ \ 56$ | — | — |
| $m:q = (110):(011)$ | $= 44\ \ 41$ | — | — |
| $m:q' = (110):(01\bar{1})$ | $= 69\ \ 4$ | — | — |
| $m:\sigma = (110):(30\bar{8})$ | $= 94\ \ 6$ | — | — |
| $m:\omega' = (110):(\bar{1}11)$ | $= 68\ \ 17$ | $68\ \ 7$ | — |
| $m:\omega = (110):(11\bar{1})$ | $= 45\ \ 21$ | $45\ \ 19$ | — |
| $m:\xi' = (110):(\bar{1}22)$ | $= 55\ \ 46$ | — | — |
| $m:\xi = (110):(12\bar{2})$ | $= 56\ \ 21$ | — | — |
| $m:y = (110):(221)$ | $= 20\ \ 9$ | $19$ ca. | — |

3) Qu. Sella, Mem. R. Accad. d. sc. di Torino 1858, (2) **17**, 353.

4) Nordenskiöld, Bihang K. Sv. Vet.-Akad. Handl. 1874, **2**, Nr. 2, 9.

| | Berechnet: | Beobachtet: Sella: | Nordenskiöld: |
|---|---|---|---|
| $m:y\ =(110):(\bar{2}2\bar{1})$ | $=79°58'$ | — | — |
| $r:q\ =(101):(011)$ | $=50\ \ 0$ | — | — |
| $r:\omega'=(101):(\bar{1}11)$ | $=77\ 24$ | — | — |
| $r:\xi'=(101):(\bar{1}22)$ | $=63\ 22$ | — | — |
| $r:y\ =(101):(221)$ | $=46\ 19$ | — | — |

Spaltbarkeit vollkommen nach $r\{101\}$ und $a\{100\}$ und nach einer der Zone [100] angehörigen Fläche, die wegen der Kleinheit der Krystalle nicht näher zu ermitteln war, nach $c\{001\}$ weniger vollkommen.

**Platoisobutylsulfinnitrat = $(NO_3)_2Pt.2S(iC_4H_9)_2$.**

Rhombisch.

$a:b:c = 0{,}8054:1:0{,}9386$ Weibull[5]).

Kurze Prismen $m\{110\}$, am Ende $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m=(110):(1\bar{1}0)$ | $=$ — | $*77°42'$ |
| $r:r\ =(101):(\bar{1}01)$ | $=$ — | $*98\ 44$ |
| $r:m=(101):(110)$ | $=53°46'$ | $53\ 52$ |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Basische Nitrate, Chlorate usw. zweiwertiger Metalle.

Die folgenden drei, analog zusammengesetzten Salze krystallisieren rhombisch: **Basisches Cuprijodat** = $JO_3Cu(OH)$, **Mercurichlorat** = $ClO_3Hg(OH)$ und **Mercuribromat** = $BrO_3Hg(OH)$; während die beiden letzteren vollkommen isomorph sind, weicht die Form des ersteren zu sehr ab, um auch dieses als isomorph mit den beiden anderen betrachten zu können.

Das **überbasische Cuprinitrat** = $NO_3Cu(OH).Cu(OH)_2$ tritt in zwei Modificationen auf, einer rhombisch und einer monoklin krystallisierenden, welche höchst wahrscheinlich im Verhältnisse der Polysymmetrie stehen, indem die rhombischen Krystalle aus feinsten Lamellen nach dem an den monoklinen beobachteten Zwillingsgesetze bestehen, wofür nicht nur die Übereinstimmung der Elemente und der Cohäsionsverhältnisse, sondern auch die Bildung beider Formen bei derselben Temperatur sprechen. Die monokline Form zeigt auch das isomorphe **überbasische Cuprichlorat** = $ClO_3Cu(OH).Cu(OH)_2$.

Von wasserhaltigen basischen Nitraten ist nur eines vollständig untersucht, das rhombisch krystallisierende **basische Mercurinitrat-Hemihydrat** = $NO_3Hg(OH).\frac{1}{2}H_2O$. Ein **basisches Bleinitritnitrat** soll nach Bromeis[1]) die Zusammensetzung $3N_2O_5.N_2O_3.14PbO.6H_2O$ besitzen und hellziegelrote rhombische Prismen {110} von 57° mit einem Prisma {011} von 117° bilden, welche nach {001}, weniger gut nach {110} spalten. Außerdem existiert eine Anzahl von Angaben über das Aussehen, die ebenen Winkel

5) Weibull, Zeitschr. f. Krystall. 1888, **14**, 139.

1) Bromeis, Annalen d. Chem. u. Pharm. 1849, **72**, 45.

und die Schwingungsrichtungen mikroskopischer Krystalle von basischen Bleinitraten, welche von Peters[2]) dargestellt wurden; diese Angaben sind indessen zu unvollständig, um die betreffenden Verbindungen sicher zu charakterisieren.

### Basisches Cuprijodat = $JO_3Cu(OH)$.

Spec. Gew. 4,878 Granger und Schulten[3]).
Rhombisch.

$a:b:c = 0{,}7124 : 1 : 1{,}7073$ Granger und Schulten[3]).

Von den Genannten dargestellt durch Zufügen einer $JO_3K$-Lösung zu einer verdünnten Kupfersulfatlösung unter Erwärmen; die dunkelgrünen, kleinen Krystalle zeigen $c\{001\}$ vorherrschend, $b\{010\}$, $m\{110\}$, ganz untergeordnet $r\{101\}$, und sind etwas nach der $a$-Axe verlängert; $b$ und $c$ sind gekrümmt.

$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*70^\circ 56'$ beob.
$r:m = (101):(110) = {}^*41\ 16$ »

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$.
Ebene der optischen Axen senkrecht zu $a\{100\}$.

### Basisches Mercurichlorat = $ClO_3Hg(OH)$.

Spec. Gew. 5,151 Topsøe[4]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7974 : 1 : 0{,}64595$ Topsøe[5]).

Das durch Lösen von überschüssigem Quecksilberoxyd in wässeriger Chlorsäure dargestellte Salz krystallisiert bei langsamer Verdunstung der Lösung in farblosen glänzenden Tafeln nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $m\{110\}$, $b\{010\}$ und $r\{101\}$, zuweilen noch mit $s\{301\}$ und kleinen Flächen von $o\{111\}$, selten $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | $^*77^\circ\ 8\frac{1}{2}'$ |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | — | $^*78\ \ 1$ |
| $s:r = (301):(101) =$ | $28^\circ 37\frac{1}{2}'$ | 30 0 ca. |
| $r:m = (101):(110) =$ | $60\ 31\frac{1}{2}$ | 30 26 |
| $o:r = (111):(101) =$ | 26 39 | 26 45 ca. |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 68 28 | — |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1}) =$ | 87 58 | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ sehr vollkommen, nach $c\{001\}$ vollkommen.

### Basisches Mercuribromat = $BrO_3Hg(OH)$.

Spec. Gew. 5,815 Topsoe[4]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7997 : 1 : 0{,}6278$ Topsøe[5]).

Beim langsamen Erkalten heiß gemischter Lösungen von Mercurinitrat und Kaliumbromat krystallisieren dünne Täfelchen nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $m\{110\}$, $r\{101\}$, untergeordnet $t\{102\}$ und $o\{111\}$; die durch Lösen von

2) Peters (krystall. Angaben v. Müller), Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1896, **11**, 153.
3) A. Granger u. A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904, **27**, 139. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 108.
4) Topsøe, Arch. d. sc. phys. nat. Bibl. Univ. Genève 1872, (2) **45**, 223.
5) Topsoe, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1872, **66** (II), 38 f.

gefälltem *HgO* in wässeriger Bromsäure beim Erkalten ausgeschiedenen Krystalle sind etwas dicker und zeigen die Combination des Chlorates: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *77° 18′ |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 76° 16′ | *76 0 |
| $s:s = (102):(\bar{1}02) =$ | 42 52 | 43 38 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 61 10 | *61 27 |
| $s:m = (102):(110) =$ | 73 25 | 73 2 |
| $o:r = (111):(101) =$ | 26 17 | 26 35 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 56 23 | 56 10 |
| $o:m = (111):(110) =$ | 44 51 | 44 44 |

## Überbasisches Cuprinitrat = $NO_3Cu(OH).Cu(OH)_2$.

### Rhombische Modification (nat. Gerhardtit).

Spec. Gew. 3,426 (nat. Kryst.) Wells und Penfield[6]), 3,41 Bourgeois[7]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9218:1:1,1562$ (nat. Kryst.) Penfield[6]).

Die natürlichen Krystalle zeigen nach Penfield die Formen $c\{001\}$, $m\{110\}$, $p\{551\}$, $y\{221\}$, $o\{111\}$, $t\{778\}$, $u\{334\}$, $v\{7.7.10\}$, $w\{223\}$, $x\{13.13.20\}$, $i\{112\}$ und $s\{201\}$. Bourgeois[7]) erhielt das Salz durch Erhitzen einer Lösung äquivalenter Mengen Kupfernitrat und Harnstoff im Rohre auf 130° in sehr dünnen blaugrünen rectangulären Täfelchen nach $c\{001\}$, deren Umriß den Kanten mit $a\{100\}$, $b\{010\}$ und $m\{110\}$ entsprach, ferner auch durch Erhitzen einer Lösung von Kupfernitrat mit metallischem Kupfer auf 150° und noch einfacher durch langsame Zersetzung einer erwärmten Lösung des neutralen Nitrates. Auch Michel[8]) erhielt das Salz aus dem neutralen durch längere Berührung der Lösung mit Calcitstücken.

| | Berechnet: | Beobachtet: Penfield: | Beobachtet: Bourgeois: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 85° 20′ | — | 85° 30′ |
| $s:c = (201):(001) =$ | — | *68° 16′ | — |
| $o:s = (111):(201) =$ | — | *39 3½ | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 59 37 | 59 40 | — |
| $y:c = (221):(001) =$ | 73 40 | 73 53 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ höchst vollkommen, nach $a\{100\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene $b\{010\}$, Mittellinie Axe $c$, $2H$ (gemessen in Kaliumquecksilberjodidlösung) = 76° 20′ für Gelb, 80° 4′ für Grün; Pleochroïsmus: $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ grün, $\mathfrak{c}$ blau (Penfield).

### Monokline Modification.

Spec. Gew. 3,378 Wells und Penfield[6]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,9190:1:1,1402$; $\beta = 94°33'$ Penfield[6]).

---

6) Wells u. Penfield, Amer. Journ. Sc. 1885, (3) **30**, 50. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 303.

7) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 66. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 265.

8) Michel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 139. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 270.

Dargestellt von Wells[6]) durch Erhitzen einer Lösung des normalen Nitrates mit metallischem Kupfer im geschlossenen Rohre auf ca. 150° in großen dunkelgrünen rectangulären Tafeln nach $c\{001\}$ in Combination mit $a\{100\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$ und meist untergeordnet $m\{110\}$, zuweilen Zwillinge nach $c\{001\}$. Bis 5 cm lange Krystalle erhielt Rousseau[9]) durch Erhitzen von $(NO_3)_2Cu.6H_2O$ mit Marmorstücken im geschlossenen Rohre auf 220°—225° während 24—48 Stunden.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 84° 59′ | 85° 12′ appr. |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *85 27 |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *48 25½ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *97 19 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 86 39 | 86 30 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $a\{100\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, Mittellinie im stumpfen Winkel $\beta$, durch $c\{001\}$ nur ein Axenbild sichtbar unter ca. 40° zur Normalen geneigt; $2H$ (gemessen in Kaliumquecksilberjodidlösung) = 59° 22′ für Gelb, 63° 50′ für Grün; Schwingungen $\parallel b$ grün, $\perp b$ blau.

### Überbasisches Cuprichlorat = $ClO_3Cu(OH).Cu(OH)_2$.

Spec. Gew. 3,55 Bourgeois[10]).

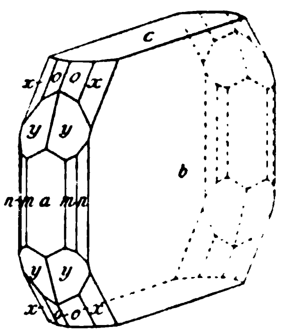
Monoklin prismatisch (isomorph mit dem vorigen).

Bourgeois erhielt durch langsames Erhitzen des bei 65° in seinem Krystallwasser geschmolzenen Salzes $(ClO_3)_2Cu.6HO_2$ über 100° grüne Täfelchen nach $c\{001\}$, begrenzt von $a\{100\}$, $s\{201\}$, $m\{110\}$, $y\{22\bar{1}\}$. Die Verbindung entsteht auch durch Erhitzen der Lösung von neutralem Salze mit Marmor oder Harnstoff auf 130° im geschlossenen Rohre.

| | Berechnet f. d. Nitrat: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 84° 59′ | 85° 30′ approx. |
| $s:c = (201):(001) =$ | 64 10 | 65 38 » |
| $y':c = (\bar{2}21):(001) =$ | 73 57 | 72 55 » |

Doppelbrechung positiv; Ebene und 1. Mittellinie der optischen Axen parallel der Symmetrieaxe, 2. Mittellinie nahe $\perp c\{001\}$.

Fig. 510.




### Basisches Mercurinitrat-Hemihydrat = $NO_3Hg(OH).\frac{1}{2}H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6976:1:0,5186$ Marignac[11]).

Meist dünne, rectanguläre Tafeln nach $b\{010\}$, begrenzt von $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, ferner kommen vor: $o\{111\}$, $x\{121\}$, $y\{211\}$ (Fig. 510), untergeordnet $q\{011\}$ und $s\{012\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 69° 48′ | — |
| $n:n = (120):(1\bar{2}0) =$ | — | *108° 44′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 45 12 | — |
| $x:x = (121):(1\bar{2}1) =$ | 79 33 | — |

9) Rousseau, Compt. rend. 1890, **111**, 39. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 265.
10) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1898, **21**, 170.
11) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, **14**, 253. Oeuvres **1**, 397.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $y:y = (211):(2\bar{1}1) =$ | 32° 16′ | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 66 51 | — |
| $x:x' = (121):(\bar{1}21) =$ | 54 35 | — |
| $y:y' = (211):(\bar{2}11) =$ | 105 42 | — |
| $c:q = (001):(011) =$ | 27 25 | 27° 13′ |
| $c:s = (001):(012) =$ | 14 32 | 14 20 |
| $c:o = (001):(111) =$ | 42 12 | 42 9 |
| $c:x = (001):(121) =$ | — | *51 55 |
| $c:y = (001):(211) =$ | 57 35 | 57 15 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $a\{100\}$ ziemlich vollkommen, nach $n\{120\}$ deutlich.

## Wasserhaltige normale Nitrate, Chlorate usw. drei- und vierwertiger Metalle.

Das zerfließliche **Thallinitrat-Trihydrat** $= (NO_3)_3Tl.3H_2O$ krystallisiert nach Rammelsberg[1]) in Rhomboëdern $r\{100\}$, combiniert mit $d\{110\}$ und $a\{10\bar{1}\}$; $r:r = (100):(010) = 78°—79°$.

Verbindungen der Nitrate von Metallen der seltenen Erden mit 5 Mol. Wasser sind in krystallisiertem Zustande dargestellt, aber nicht gemessen worden; vom Gadoliniumnitrat-Pentahydrat $= (NO_3)_3Gd.5HO_2$ gibt Benedicks[2]) an, daß es Prismen von monoklinem Ansehen bilde und das spec. Gew. 2,406 habe; von Neodym- und Wismutnitrat-Pentahydrat $= (NO_3)_3Nd.5H_2O$ und $(NO_3)_3Bi.5H_2O$ erhielt Bodman[3]) Mischkrystalle mit vorherrschendem Wismutsalze, ebenso von letzterem mit Lanthan- und Yttriumnitrat.

Dagegen sind mehrere Salze mit 6 Mol. Wasser krystallographisch untersucht: **Yttriumnitrat-Hexahydrat** $= (NO_3)_3Y.6H_2O$ ist isomorph mit dem entsprechenden Gadoliniumsalze. **Lanthan-** und **Ceronitrat-Hexahydrat** $= (NO_3)_3La.6H_2O$ und $(NO_3)_3Ce.6H_2O$, beide triklin, sind vollkommen isomorph; **Didymnitrat-Hexahydrat** $= (NO_3)_3Di.6H_2O$ krystallisiert zwar auch triklin und zeigt in der Zone [001] eine sehr nahe Übereinstimmung der Winkel der Flächen von {100}, {010}, {310} mit denen von {100}, {010} und {110} der beiden vorhergehenden Salze, scheint aber doch mit diesen nicht isomorph zu sein, da die Endflächen ganz verschieden sind und die Krystalle eine sehr vollkommene Spaltbarkeit besitzen, welche dem Lanthan- und Cersalze fehlen. Mit dem Didymsalze isomorph sind das **Gadoliniumnitrat-Hexahydrat** $= (NO_3)_3Gd.6H_2O$ und das bereits erwähnte Yttriumsalz. Nach Bodman[3]) bildet das **Neodymnitrat-Hexahydrat** $= (NO_3)_3Nd.6H_2O$ Mischkrystalle mit bis 40% Wismutnitrat-Hexahydrat $= (NO_3)_3Bi.6H_2O$,

1) Rammelsberg, Handb. d. physik.-krystall. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 351.

2) Benedicks, Zeitschr. f. anorg. Chemie, 1900, **22**, 407. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 627.

3) Bodman, Öfv. Sv. Vet. Akad. Förh. Stockholm 1898, 315. Ber. d. d. chem. Ges. **31**, 1237. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 613. — Bih. Sv. Vet. Ak. Handl. 1900, **26**, II, Nr. 3. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1901, **27**, 254. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 192.

welche leider nicht gemessen worden sind; Lanthannitrat scheint nur geringe Mengen des Wismutsalzes aufzunehmen. Vom Gadolinium erwähnt Benedicks[2]) ein triklines Salz vom spec. Gew. 2,332 mit 6½ Mol. $H_2O$ (ohne Messungen).

Das zerfließliche **Aluminiumnitrat-Enneahydrat** = $(NO_3)_3Al.9H_2O$ wurde in zweierlei Formen, einer monoklinen und einer rhombischen, beobachtet. **Didymbromat-Enneahydrat** = $(BrO_3)_3Di.9H_2O$ erhielt Marignac (s. S. 134) in hexagonalen Krystallen, und da **Lanthanbromat** ebenso in hexagonalen Prismen (ohne Endflächen) krystallisierte, so nahm er auch für dieses die Zusammensetzung $(BrO_3)_3La.9H_2O$ an. **Wismutnitrat-Enneahydrat** = $(NO_3)_3Bi.9H_2O$ krystallisiert triklin. Die Verbindungen der hierher gehörigen Salze verschiedener dreiwertiger Metalle mit 9 Mol. Wasser zeigen daher keinerlei krystallographische Analogie.

Von Nitraten vierwertiger Metalle existiert nur über ein einziges eine krystallographische Angabe: **Thoriumnitrat-Hexahydrat** = $(NO_3)_4Th.6H_2O$ bildet nach Fuhse[4]) spitze tetragonale Bipyramiden {111} mit {001}; (111):(11$\bar{1}$) = 38°.

### Yttriumnitrat-Hexahydrat = $(NO_3)_3Y.6H_2O$.

Triklin pinakoidal, isomorph mit dem Gadoliniumsalze (S. 132).

Die von Haitinger[5]) dargestellten Krystalle des reinen Salzes zeigten nach Lang[5]) die Formen (auf die Elemente von $(NO_3)_3Gd.6H_2O$ bezogen): {100}, {010}, {1$\bar{1}$0}, {011}, {$\bar{1}$11}, {1$\bar{1}$1}, {0$\bar{1}$1}, {11$\bar{1}$}, diejenigen einer Mischung mit Erbiumnitrat (Atomgewicht der gemischten Erdmetalle 93, 55) nur die einfache Combination: {010}, {100}, {1$\bar{1}$0}, {011}, {$\bar{1}$11}. Beide konnten wegen Zerfließlichkeit, die besonders das reine Salz zeigte, nur angenähert gemessen werden.

| | Berechnet für $(NO_3)Gd.6H_2O$: | Reines Salz: | Mischkrystalle: |
|---|---|---|---|
| (100):(010) | = 68° 50′ | 70° 0′ | 67° 25′ |
| (010):($\bar{1}$10) | = 69 10 | 67 40 | 67 56 |
| (1$\bar{1}$0):(100) | = 42 20 | 42 20 | 42 26 |
| (100):(1$\bar{1}$1) | = 48 37 | 46 30 | — |
| (1$\bar{1}$1):(0$\bar{1}$1) | = 32 45 | 34 30 | — |
| (0$\bar{1}$1):($\bar{1}\bar{1}$1) | = 38 39 | 37 0 | — |
| ($\bar{1}\bar{1}$1):($\bar{1}$00) | = 59 59 | 60 50 | — |
| (010):(011) | = 61 44 | — | 60 42 |
| (011):($\bar{1}$11) | = 39 28 | — | 41 48 |
| ($\bar{1}$11):(0$\bar{1}$0) | = 78 41 | — | 78 30 |
| (010):(011) | = 55 11 | — | 57 38 |

Spaltbarkeit nach {010} vollkommen.

Doppelbrechung stark; durch {100} das Interferenzbild einer optischen Axe nahe der Mitte des Gesichtsfeldes.

4) Fuhse, Zeitschr. f. angewandte Chemie 1897, 115.

5) V. v. Lang u. Haitinger, Lieben-Festschrift, Wien 1906, 716 (Ann. d. Chemie 1907, **351**, 450 f.).

## Lanthannitrat-Hexahydrat = $(NO_3)_3La.6H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}8345:1:0{,}6215;$$
$$\alpha = 79^\circ 12', \quad \beta = 101^\circ 58', \quad \gamma = 92^\circ 18').^6$$

Dargestellt und gemessen von Marignac[7]). Beobachtete Formen: Vorherrschend $a\{001\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$; mehr untergeordnet $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $c\{001\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$. Große, lebhaft glänzende, farblose Krystalle, in feuchter Luft zerfließlich.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:m = (010):(110) =$ | — | *50° 15′ |
| $b:a = (010):(100) =$ | 90° 0′ | 89 50 |
| $b':\mu = (0\bar{1}0):(1\bar{1}0) =$ | — | *50 15 |
| $b:q = (010):(011) =$ | — | *66 55 |
| $b':c = (0\bar{1}0):(001) =$ | 79 8 | 79 12 |
| $b':\varkappa = (0\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | — | *51 0 |
| $b:\omega' = (010):(\bar{1}11) =$ | 69 5 | 69 0 |
| $b:\varrho = (010):(10\bar{1}) =$ | 80 14 | 80 16 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 78 15 | 78 6 |
| $a:q = (100):(011) =$ | — | *79 0 |
| $a:\omega = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 63 21 | 63 30 |
| $a:\varkappa = (100):(0\bar{1}1) =$ | 80 43 | 80 37 |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) =$ | 61 45 | 61 50 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 66 35 | 66 50 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 61 49 | 62 0 |
| $\mu:q = (1\bar{1}0):(011) =$ | 95 58 | 95 48 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 73 55 | 73 50 |
| $\mu:\varkappa = (1\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | 58 14 | 58 20 |
| $\mu:\varrho = (1\bar{1}0):(10\bar{1}) =$ | 75 12 | 75 16 |
| $\mu:\omega = (1\bar{1}0):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 55 2 | 55 10 |

## Ceronitrat-Hexahydrat = $(NO_3)_3Ce.6H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}8346:1:0{,}6242 \text{ Fock}^8);$$
$$\alpha = 78^\circ 54', \quad \beta = 102^\circ 9', \quad \gamma = 92^\circ 3'.$$

Dargestellt von Schmitz-Dumont im Laboratorium von Friedheim in Berlin. Nach Fock sind die Krystalle meist kurzprismatisch nach der Verticalaxe, gebildet von $a\{100\}$, vorherrschend, und $b\{010\}$, selten und schmal $m\{110\}$, am Ende $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $q\{011\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, seltener $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$. Zerfließlich.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b' = (100):(0\bar{1}0) =$ | — | *89° 43′ |
| $a:q = (100):(011) =$ | — | *78 57 |
| $b:q = (010):(011) =$ | — | *66 50 |
| $b':\varkappa = (0\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | — | *50 50 |
| $a:\omega = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *63 12 |
| $a:\varkappa = (100):(0\bar{1}1) =$ | 80° 26′ | 80 30 |

---

6) Aus Marignacs Messungen berechnet von Goßner.

7) Ch. de Marignac, Bibl. Univ. Arch. de sc. phys. nat. Genève 1873, **46**, 208. Oeuvres **2**, 558.

8) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **22**, 34.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:\omega' = (010):(\bar{1}11) =$ | 68° 48′ | 69° 5′ |
| $b':c = (0\bar{1}0):(001) =$ | 79 5½ | 78 54 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 78 1 | 78 12 |
| $b:m = (010):(110) =$ | 50 26 | 50 24 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 66 25 | 66 22 |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) =$ | 61 42 | 62 ca. |
| $b:\varrho = (010):(10\bar{1}) =$ | 80 23 | 80 » |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

### Didymnitrat-Hexahydrat = $(NO_3)_3Di \cdot 6H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 2,4035:1:1,8597 \text{ Topsøe}^{9)};$$
$$\alpha = 69°6', \quad \beta = 97°30', \quad \gamma = 92°47\tfrac{1}{2}'.$$

Marignac[7]) (l. c. 209 bzw. 559) erhielt das Salz in großen rosaroten Prismen $a\{100\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $m\{110\}$, $n\{310\}$ mit den Endflächen: $o\{112\}$, $\omega\{\bar{1}12\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$. Topsøe beobachtete an den von Cleve dargestellten Krystallen dieselben verticalen Formen mit stark vorherschendem $a\{100\}$, außerdem selten $b\{010\}$, am Ende $c\{001\}$, $o\{112\}$, untergeordnet: $\xi\{3\bar{1}\bar{2}\}$, $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Beobachtet: Marignac: |
|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *68° 28½′ | 68° 30′ |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *68 43 | 68 30 |
| $n:a = (310):(100) =$ | 40° 19′ | 40 0 | 40 30 |
| $a:b = (100):(010) =$ | 89 52 | 87°—88° | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 83 2 | 83° 20′ | 83 10 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 54 48 | 54 30 ca. | 54 50 |
| $\xi:a = (3\bar{1}\bar{2}):(100) =$ | — | *53 35 | — |
| $o:a = (112):(100) =$ | — | *67 43 | — |
| $\xi:\mu = (3\bar{1}\bar{2}):(1\bar{1}0) =$ | — | *60 3 | — |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 98 43 | 98 21 | — |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 68 1 | 68 10 | — |
| $o:\mu = (112):(1\bar{1}0) =$ | 100 52 | 100 57½ | 100 40 |
| $r:\mu = (101):(1\bar{1}0) =$ | 61 16½ | 59°—61½° | 61 0 |
| $o:m = (112):(110) =$ | 62 18 | 62° 29′ | 62 20 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 106 33 | 106 29 | 106 40 |
| $n:c = (310):(001) =$ | 97 51½ | 97 49 | — |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 62 58 | 63 9 | — |
| $o:n = (112):(310) =$ | 58 58 | 59 30 ca. | — |
| $o:\varrho' = (112):(\bar{1}01) =$ | 62 49 | — | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ sehr vollkommen.

### Gadoliniumnitrat-Hexahydrat = $(NO_3)_3Gd \cdot 6H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1:1,795:1,367 \text{ Lang}^{5)};$$
$$\alpha = 90°6', \quad \beta = 109°55', \quad \gamma = 109°48'.$$

Die von Haitinger[5]) (l. c. 713) dargestellten Krystalle enthielten noch Holminerden (Atomgewicht der gemischten Erdmetalle 156,82); Lang beobachtete

9) Topsøe, Bihang K. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1874, 2, Nr. 5, 34.

an denselben die Formen: $\{100\}$, $\{010\}$, $\{001\}$, $\{0\bar{1}1\}$, $\{011\}$, $\{\bar{1}10\}$, $\{\bar{1}20\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{\bar{1}11\}$, $\{\bar{1}\bar{1}1\}$, welche, abgesehen von $\{1\bar{1}1\}$, in derselben Reihenfolge den Formen: $\{1\bar{1}0\}$, $\{100\}$, $\{001\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{101\}$, $\{110\}$, $\{310\}$, $\{112\}$, $\{\bar{3}12\}$ des isomorphen vorigen Salzes entsprechen, dessen Elemente nach Topsøe mit der von Marignac ihnen gegebenen Stellung berechnet sind. Die Krystalle sind meist nach der Verticalaxe verlängert und nach $\{100\}$ tafelig.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $(\bar{1}10):(010)$ = | — | *69° 10′ |
| $(010):(\bar{1}20)$ = | 41° 3′ | — |
| $(010):(100)$ = | — | *68 50 |
| $(110):(010)$ = | 40 53 | 40 4 |
| $(100):(001)$ = | 68 44 | 68 50 |
| $(010):(011)$ = | 55 11 | 55 2 |
| $(011):(001)$ = | 27 12 | 27 56 |
| $(001):(0\bar{1}1)$ = | 30 47 | 30 24 |
| $(0\bar{1}1):(0\bar{1}0)$ = | 66 50 | 65 40 |
| $(011):(100)$ = | 62 10 | 61 44 |
| $(\bar{1}11):(\bar{1}00)$ = | — | *78 41 |
| $(100):(1\bar{1}1)$ = | 48 37 | 48 50 |
| $(\bar{1}\bar{1}1):(\bar{1}00)$ = | 59 59 | 60 12 |
| $(100):(0\bar{1}1)$ = | — | *81 22 |
| $(\bar{1}11):(010)$ = | — | *67 57 |
| $(11\bar{1}):(010)$ = | 55 4 | 54 44 |
| $(\bar{1}11):(001)$ = | 43 21 | 43 52 |
| $(\bar{1}11):(\bar{1}10)$ = | 62 13 | 63 5 |
| $(0\bar{1}1):(\bar{1}11)$ = | 61 16 | 62 30 |
| $(\bar{1}11):(\bar{1}20)$ = | 58 44 | 58 24 |

Spaltbarkeit nach $\{010\}$ vollkommen.

Durch $\{100\}$ das Interferenzbild einer optischen Axe nahe der Mitte des Gesichtsfeldes sichtbar.

## Aluminiumnitrat-Enneahydrat = $(NO_3)_3Al.9H_2O$.

### Monokline Modification.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1340:1:1{,}9191$; $\beta = 131°36'$ Soret[10]).

Soret untersuchte Krystalle, welche von Marignac dargestellt worden waren; dieselben zeigten die Formen: $m\{110\}$ und $c\{001\}$ groß, $q\{011\}$ ziemlich groß, $i\{11\bar{2}\}$ klein.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *80° 36′ |
| $m:c = (110):(001)$ = | — | *59 35 |
| $q:q = (011):(01\bar{1})$ = | — | *69 45 |
| $m:q = (110):(011)$ = | 34° 54′ | 35 11 |
| $i':c = (\bar{1}12):(001)$ = | 65 24 | 65 33 |
| $i':q = (\bar{1}12):(011)$ = | 37 6 | 37 11 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$.

10) Ch. Soret, Bibl. Univ. Arch. sc. phys. nat. Genève 1886, (3) **16**, 460. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 412.

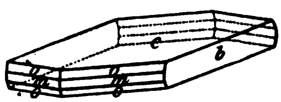
**Rhombische Modification.**

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8925:1:1{,}0202$ Eakle[11]).

Eakle erhielt aus einer Aluminiumperjodat enthaltenden Lösung in dünnen Platten (Fig. 511) die Combination: $c\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$.

Fig. 511.



$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*83^\circ 30'$ beob.
$o:c = (111):(001) = {}^*56\ 52$ »

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$.

**Didymbromat-Enneahydrat = $(BrO_3)_3Di.9H_2O$.**

Hexagonal. $a:c = 1:0{,}5731$ Marignac[12]).

Glänzende rosarote Prismen $m\{10\bar{1}0\}$, selten mit gut ausgebildeter Endigung durch eine Pyramide $o\{10\bar{1}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:m = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | — | $^*56^\circ 30'$ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | $32^\circ 2'$ | 31 56 |

Spaltbarkeit nach $m\{10\bar{1}0\}$ vollkommen.
Doppelbrechung negativ (Des Cloizeaux[13])).

**Wismutnitrat-Enneahydrat = $(NO_3)_3Bi.9H_2O$.**

Spec. Gew. 2,823 Clarke, 2,736 Joule und Playfair.
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}8053:1:0{,}6172$ Rammelsberg[14]).

$\alpha = 99^\circ 4'$, $\beta = 104^\circ 26'$, $\gamma = 79^\circ 6'$.

Die Krystalle zeigen nach Schabus[15]) und Rammelsberg[14]) die Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $m\{110\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $o\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $x\{12\bar{1}\}$, $k\{0\bar{2}1\}$ und sind meist tafelförmig nach $a\{100\}$ und nach der Verticalaxe verlängert, seltener kurzprismatisch; $m$, $\varrho$, $o$ und $c$ sind nicht immer vorhanden.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Schabus: |
|---|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | $^*99^\circ\ 0'$ | $99^\circ 10'$ |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | $^*41\ 40$ | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | $34^\circ 46'$ | 34 44 | 34 57 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | $^*83\ 20$ | 83 4 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | $^*29\ 27$ | — |
| $\varkappa:c = (0\bar{1}1):(001) =$ | 33 3 | 33 2 | 32 55 |
| $k:\varkappa = (0\bar{2}1):(0\bar{1}1) =$ | 21 35 | 21 30 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | $^*76\ 55$ | — |
| $r:c = (101):(001) =$ | 32 35 | 32 45 | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 42 17 | 41 45 | — |

11) Eakle, Zeitschr. f. Krystallogr. 1896, **26**, 585.
12) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1859, (5) **15**, 273. Oeuvres **1**, 642.
13) Des Cloizeaux, Annales d. mines 1858, (5) **14**, 354.
14) Rammelsberg, Die neuest. Forsch. in d. krystall. Chemie, Leipzig 1857, 58.
15) Schabus, Best. d. Krystallgestalten in chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 183.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Schabus: |
|---|---|---|---|
| $q:a = (011):(100)$ | $= 83°51'$ | 83°45' | — |
| $x:a = (0\bar{1}1):(100)$ | $= 73\ 9$ | 73 12 | 72°57' |
| $r:b = (101):(010)$ | $= 89\ 49$ | 89 34 | — |
| $o:a = (1\bar{1}\bar{1}):(100)$ | $= 62\ 22$ | — | — |
| $o':b = (\bar{1}11):(010)$ | $= 52\ 12$ | 52 0 | — |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ | $= 49\ 30$ | — | — |
| $o:\mu = (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | $= 46\ 9$ | 46 6 | — |
| $o:\varrho = (1\bar{1}\bar{1}):(10\bar{1})$ | $= 25\ 33$ | 25 52 | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100)$ | $= 67\ 2$ | 67 16 | 67 42 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010)$ | $= 71\ 8$ | 71 7 | 71 25 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001)$ | $= 49\ 4$ | 48 42 | — |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110)$ | $= 56\ 40$ | — | — |
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1})$ | $= 31\ 7$ | 30 48 | — |
| $x:a = (12\bar{1}):(100)$ | $= 76\ 2$ | — | — |
| $x:b = (12\bar{1}):(010)$ | $= 48\ 2$ | 48 12 | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.

## Ammoniak- und Äthylendiamin-Verbindungen von normalen Nitraten drei- und vierwertiger Metalle.

Hierher gehörige Verbindungen von Salzen dreiwertiger Metalle mit 4 Mol. $NH_3$ bzw. 2 Mol. $C_2H_4(NH_2)_2$ sind nur solche bekannt, in welchen an Stelle zweier Gruppen $NO_3$ zwei Nitritogruppen oder eine solche und ein Chloratom oder endlich zwei Rhodangruppen getreten sind, und zwar wurden Glieder beider, nach der Wernerschen Theorie möglicher stereoïsomerer Reihen untersucht. **Tetrammin-1-2-Dinitrito-Kobaltinitrat** $= NO_3(NO_2)_2Co.4NH_3$ krystallisiert rhombisch, **Diäthylendiamin-1-2-Dinitrito-Kobaltinitrat** $= NO_3(NO_2)_2Co.2C_2H_4(NH_2)_2$ monoklin ohne Ähnlichkeit mit dem vorigen, wie nach der großen Verschiedenheit der angelagerten Atomgruppen zu erwarten ist; **Diäthylendiamin-1-6-Dinitrito-Kobaltinitrat** $= NO_3(NO_2)_2Co.2C_2H_4(NH_2)_2$ ist monoklin, natürlich von dem vorhergehenden isomeren Körper ganz verschieden; dagegen wären nähere krystallographische Beziehungen zu erwarten mit dem ebenfalls monoklin krystallisierenden **Diäthylendiamin-1-6-Chloronitrito-Kobaltinitrat** $= NO_3ClNO_2Co.2C_2H_4(NH_2)_2$, welches sich von ihm nur dadurch unterscheidet, daß eine Nitritogruppe durch ein Chloratom ersetzt ist; aus der vorhandenen Untersuchung geht aber eine derartige Beziehung nicht hervor. Endlich ist noch eine wasserhaltige Verbindung **Diäthylendiamin-1-2-Diisothiocyano-Kobaltinitrat-Monohydrat** $= NO_3(NCS)_2Co.2C_2H_4(NH_2)_2.H_2O$ gemessen, welche rhombisch krystallisiert.

**Pentammin-Kobaltinitrat** (Purpureokobaltnitrat) $= (NO_3)_3Co.5NH_3$ krystallisiert tetragonal, und auch die Verbindung, in welcher eine Gruppe $NO_3$ durch $NO_2$ ersetzt ist, nämlich **Pentammin-Nitrito-Kobaltinitrat** (Xanthokobaltnitrat) $= (NO_3)_2NO_2Co.5NH_3$ bildet tetragonale, aber weit

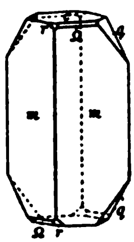
flachere Bipyramiden; die Krystalle dieser Substanzen bedürfen indes weiterer Untersuchungen, um ihre etwaigen Beziehungen festzustellen. Eine andere Xanthoverbindung, welche statt einer der beiden Gruppen $NO_3$ der vorigen ein Chloratom enthält, **Pentammin-Chlor-Nitrito-Kobaltinitrat** = $NO_3NO_2ClCo.5NH_3$, krystallisiert rhombisch, ohne eine Ähnlichkeit mit den vorhergehenden Körpern zu zeigen. Von dem monoklinen Roseokobaltnitrat, **Pentammin-Kobaltinitrat-Monohydrat** = $(NO_3)_3Co.5NH_3.H_2O$, liegt nur eine ältere approximative Krystallbestimmung vor.

**Hexammin-Kobaltinitrat** (Luteokobaltnitrat) = $(NO_3)_3Co.6NH_3$ bildet tetragonale Krystalle, welche dem regulären Oktaëder sehr nahe stehen, und zeigt daher keine nähere Beziehung zu dem Roseosalze, wie nach der Wernerschen Theorie zu erwarten wäre; damit isomorph ist **Hexammin-Iridiumnitrat** = $(NO_3)_3Ir.6NH_3$. Das dem ersteren entsprechende **Triäthylendiamin-Kobaltinitrat** = $(NO_3)_3Co.3C_2H_4(NH_2)_2$ krystallisiert rhombisch.

Von den Verbindungen der Nitrate vierwertiger Metalle mit Ammoniak ist nur das Salz der Grosschen Base, **Tetrammin-Platidichloronitrat-Dihydrat** = $(NO_3)_2Cl_2Pt.4NH_3.2H_2O$, welches rhombisch krystallisiert, gemessen worden, und zwar nur approximativ; da außerdem die Winkelangaben Irrtümer enthalten, bedarf die Bestimmung jedenfalls der Wiederholung.

### Tetrammin-1-2-Dinitrito-Kobaltinitrat (Flavokobaltnitrat) = $NO_3(NO_2)_2Co.4NH_3$.

Fig. 512.




Spec. Gew. 1,922 Jaeger[1]).

Rhombisch bisphenoidisch.

$a:b:c = 0{,}5855:1:0{,}8958$ Jaeger[1]).

(Top. Param. $\chi:\psi:\omega = 3{,}825:6{,}532:5{,}852$.)

Jaeger erhielt aus wässeriger Essigsäure gelbbraune bis dunkel braunrote Krystalle der Combination (Fig. 512): $m\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{021\}$, $\Omega\{111\}$, $r\{101\}$. Ein durch Jörgensen[2]) dargestelltes Präparat zeigte $m$ vorherrschend, $\Omega$ und $r$ gleich groß; $q$ und $c$ fehlten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:q = (001):(021) =$ | — | *60° 50′ |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *60 42 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 43° 45′ | 44 0½ |
| $m:\Omega = (110):(111) =$ | 29 25½ | 29 26 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 36 50 | 56 41 |
| $m:q = (110):(021) =$ | 63 49 | 63 40 |
| $\Omega:q = (\bar{1}1\bar{1}):(02\bar{1}) =$ | 48 45 | 49 14 |
| $m:\Omega = (110):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 64 46 | 65 7 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$; Dispersion, $\varrho < v$, außerordentlich stark.

1) Jaeger, Zeitschr. f. Krystallogr. 1904, 39, 562.
2) Jörgensen, Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1894, 5, 162.

### Diäthylendiamin-1-2-Dinitrito-Kobaltinitrat
(Flavo-Verb., 1-2-Dinitritodiäthylendiaminkobaltnitrat) = $NO_3(NO_2)_2Co.2C_2H_4(NH_2)_2$.

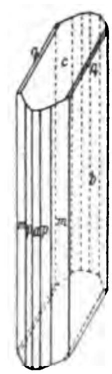
Spec. Gew. 1,813 Jaeger[1]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,5444:1:0,4017; \quad \beta = 112^\circ 1\frac{1}{2}'$ Jaeger[1]).

(Top. Param. $\chi:\psi:\omega = 10,556:6,835:2,746$.)

Dargestellt von Werner und Humphrey[3]), gemessen von Jaeger (l. c. 564). Braune, langprismatische Kryställchen (Fig. 513): $b\{010\}$ sehr breit und glänzend, $m\{110\}$, $p\{210\}$ und $a\{100\}$ schmal, $c\{001\}$, untergeordnet, aber gut meßbar $q\{011\}$; die Prismenzone gestreift. Zwillinge nach $m\{110\}$.

Fig. 513.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *77° 36′ |
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *55 4 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *20 25½ |
| $a:p = (100):(210) =$ | 35° 36′ | 36 2 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 60 50 | 60 28 |
| $m':q = (\bar{1}10):(011) =$ | 85 8 | 84 52 |
| $p:c = (210):(001) =$ | 72 15 | 72 1½ |
| $p':q = (\bar{2}10):(011) =$ | 85 16 | 85 2 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

### Diäthylendiamin-1-6-Dinitrito-Kobaltinitrat
(Krokeo-Verb., 1-6-Dinitritodiäthylendiaminkobaltnitrat) = $NO_3(NO_2)_2Co.2C_2H_4(NH_2)_2$.

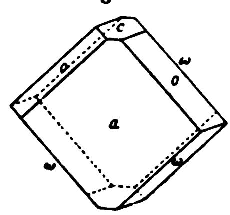
Spec. Gew. 1,849 Jaeger[1]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3000:1:1,0055; \quad \beta = 106^\circ 36\frac{1}{2}'$ Jaeger[1]).

(Top. Param. $\chi:\psi:\omega = 6,810:5,239:5,267$.)

Dargestellt von Werner und Humphrey[3]) (l. c. 1727). Gelbbraune schöne quadratische Tafeln der Combination (Fig. 514): $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$.

Fig. 514.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *73° 23½′ |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | — | *70 15½ |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | — | *57 21 |
| $a:o = (100):(111) =$ | 52° 3½′ | 52 36 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 44 52 | 44 49 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, eine Axe fast genau senkrecht zu $a\{100\}$; Dispersion $\varrho > v$, sehr stark.

### Diäthylendiamin-1-6-Chloronitrito-Kobaltinitrat (Krokeo-Verb., 1-6-Chloronitritodiäthylendiaminkobaltnitrat) = $NO_3ClNO_2Co.2C_2H_4(NH_2)_2$.

Spec. Gew. 1,814 Jaeger[1]).
Monoklin prismatisch.

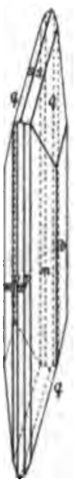
$a:b:c = 2,0432:1:2,3015; \quad \beta = 133^\circ 57'$ Jaeger[1]).

(Top. Param. $\chi:\psi:\omega = 7,054:4,718:5,429$.)

3) Werner und Humphrey, Ber. d. d. chem. Ges. 1901, 34, 1721.

Die von Werner[4]) erhaltenen Krystalle sind nach Jaeger (l. c. 565) kleine, unvollkommen ausgebildete Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$, $p\{210\}$, $a\{100\}$, am Ende $q\{02\bar{1}\}$ und $s\{012\}$.

Fig. 515.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *34° 12½′ |
| $m':q = (\bar{1}10):(021) =$ | — | *47 14 |
| $q:q = (021):(0\bar{2}1) =$ | — | *146 25 |
| $q:s = (021):(012) =$ | 33° 34′ | 33 34 |
| $p:a = (210):(100) =$ | 36 20 | 36 3 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

**Diäthylendiamin-1-2-Diisothiocyano-Kobaltinitrat-Monohydrat**
**(Flavo-Verb., 1-2-Diisorhodanatodiäthylendiaminkobaltnitrat) =**
$NO_3(SCN)_2Co.2C_2H_4(NH_2)_2.H_2O$.

Spec. Gew. 1,587 Jaeger[1]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 1,2633:1:1,1910$ Jaeger[1]) (l. c. 566).

(Top. Param. $\chi:\psi:\omega = 6,813:5,398:6,429$.)

Dargestellt von Werner[5]). Carmoisinrote Nadeln: $b\{010\}$, $m\{210\}$, $a\{100\}$, am Ende vorherrschend $o\{111\}$ und $c\{001\}$, untergeordnet $\omega\{225\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *81° 49½′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *56 38½ |
| $a:m = (100):(210) =$ | 32° 17′ | 32 10 |
| $\omega:c = (225):(001) =$ | 37 30 | 37 14½ |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$.

**Pentammin-Kobaltinitrat** (Purpureokobaltnitrat) = $(NO_3)_2Co.5NH_3$.

Tetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:0,6216$ Dana[6]).

Die von Gibbs und Genth[6]) dargestellten Krystalle zeigen die zirkonähnlichen Combinationen: $a\{100\}$, $o\{111\}$, untergeordnet $m\{110\}$, $d\{101\}$ und $x\{311\}$ als ditetragonale Bipyramide, prismatisch nach $a$; oder: $o\{111\}$ vorherrschend, mit $m\{110\}$ und $a\{100\}$; einmal wurde auch $x\{311\}$ als tetragonale Bipyramide, mit untergeordnetem $o\{111\}$, beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 55° 40′ | — |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *97° 20′ |

**Pentammin-Nitrito-Kobaltinitrat** (Xanthokobaltnitrat) = $(NO_3)_2NO_2Co.5NH_3$.

Dargestellt von Gibbs und Genth[7]); nach Dana tetragonale Bipyramiden mit Basis, deren Winkel zur Basis 78¾°—79¼°.

Dichroïsmus: $\omega$ blaß orange, $\varepsilon$ lebhaft orangegelb.

---

4) Werner, Ber. d. d. chem. Ges. 1901, **34**, 1734.
5) Werner, Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1900, **22**, 138.
6) Gibbs u. Genth (Mess. v. J. Dana), Amer. Journ. Sc. 1857, (2) **23**, 250.
7) Gibbs u. Genth (Mess. v. J. Dana), Amer. Journ. Sc. 1857, (2) **24**, 86.

**Pentammin-Chlor-Nitrito-Kobaltinitrat** (Xantho-Verb.) = $NO_3NO_2ClCo.5NH_3$.

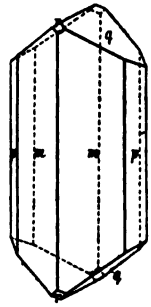
Spec. Gew. 1,800 Jaeger[1]).

Rhombisch (pyramidal?).

$a:b:c = 0,7689:1:0,7594$ Jaeger[1]).

(Top. Param. $\chi:\psi:\omega = 4,991:6,491:4,930$.)

Fig. 516.



Die von Jörgensen[8]) erhaltenen Krystalle sind nach Jaeger (l. c. 554) große hellbraune Prismen (Fig. 516) $m\{110\}$, $p\{120\}$, combiniert mit $q\{011\}$, $r\{101\}$ und einer nur an einem Ende auftretenden und nicht genau bestimmbaren Pyramide $x = \{\bar{2}1\bar{8}\}$ oder $\{\bar{5}.3.\bar{2}\bar{0}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *75° 7′ |
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *68 22 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 74°26′ | 74 19 |
| $m:p = (110):(120) =$ | 19 24 | 19 23 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 56 9 | 56 7 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 55 29 | 55 25 |

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$; durch $m\{110\}$ je ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar. Starker Pleochroïsmus: Schwingungen senkrecht zur Axenebene gelb, parallel derselben rot.

**Pentammin-Kobaltinitrat-Monohydrat** (Roseokobaltnitrat) = $(NO_3)_3Co.5NH_3.H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,798:1:1,034$; $\beta = 94°57'$ Dana[6]).

Dargestellt von Gibbs und Genth[6]); nach Dana der Symmetrieaxe parallele Prismen, gebildet von $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $a\{100\}$, am Ende vorherrschend $b\{010\}$, untergeordnet $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *77° 0′ |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *39 30 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *44 0 |

**Hexammin-Kobaltinitrat** (Luteokobaltnitrat) = $(NO_3)_3Co.6NH_3$.

Tetragonal. $a:c = 1:1,0161$ Dana[6]).

Dana (l. c. 338) beobachtete an den von Gibbs und Genth dargestellten Krystallen die Formen $o\{111\}$, $x\{331\}$ mit ziemlich großem $c\{001\}$, Klein[9]) an dem von Rose erhaltenen Präparate außerdem noch $y\{302\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dana: | Beobachtet: Klein: |
|---|---|---|---|
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *69°40′ | 69°39′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 70°58′ | — | — |
| $x:x_{,} = (331):(33\bar{1}) =$ | 26 7 | 26 8 | 26 10 |
| $y:y_{,} = (302):(30\bar{2}) =$ | 66 12 | — | 66 20 |

Farbe orangegelb.

8) Jörgensen, Journ. f. prakt. Chemie 1887, (2) 35, 417.

9) F. Rose (Mess. v. Klein), Unters. ü. ammoniak. Kobalt-Verbind., Heidelberg 1871, 51.

### Hexammin-Iridiumnitrat = $(NO_3)_3Ir.6NH_3$.

Tetragonal. $a:c = 1:1,042$ Palmaer[10]).

Dargestellt und gemessen von Palmaer. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $x\{331\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | $*68°18'$ |
| $x:x_{,} = (331):(33\bar{1}) =$ | $25°28'$ | $25\ 21$ |

### Triäthylendiamin-Kobaltinitrat (Luteo-Verb.) = $(NO_3)_3Co.3C_2H_4(NH_2)_2$.

Spec. Gew. 1,694 Jaeger[1]).

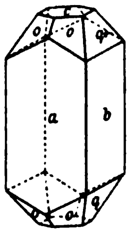
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,8010:1:1,1140$ Jaeger[1]).

(Top. Param. $\chi:\psi:\omega = 5,248:6,551:7,298$ Jaeger.)

Dargestellt von Werner. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $o\{112\}$, $q\{021\}$ (Fig. 517).

Fig. 517.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (112):(1\bar{1}2) =$ | — | $*49°\ 8\frac{1}{2}'$ |
| $o:c = (112):(001) =$ | — | $*41\ 42$ |
| $o:a = (112):(100) =$ | $58°43'$ | $58\ 39\frac{1}{2}$ |
| $o:q = (112):(021) =$ | $85\ 45$ | $85\ 47\frac{1}{2}$ |
| $c:q = (001):(021) =$ | $65\ 47$ | $65\ 44$ |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Farbe orange- bis blutrot.

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$, $b$ 1. Mittellinie, $2V = 49°$ circa (die Axen sind nahe senkrecht zu $q\{021\}$); Dispersion $\varrho > v$, schwach.

### Tetrammin-Platidichloronitrat-Dihydrat = $(NO_3)_2Cl_2Pt.4NH_3.2H_2O$.

**Nitrat der Grosschen Base.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7544:1:0,7190$; $\beta = 109°0'$ Rammelsberg[11]).

Prismen $m\{110\}$ mit $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$.

$m:m = (110):(1\bar{1}0) = *71°\ 0'$ beob.
$r:c = (101):(001) = *34\ 30$ »
$r:a = (101):(100) = *36\ 30$ »

## Basische Nitrate drei- und mehrwertiger Metalle und deren Hydrate und Ammoniakate.

Von den verschiedenen **basischen Wismutnitraten** scheint nur eines bisher in meßbaren Krystallen dargestellt worden zu sein, für welches der Darsteller Yvon[1]) eine Zusammensetzung fand, die sich durch die Formel $NO_3(BiO).\frac{1}{2}H_2O$ ausdrücken läßt; die Krystalle sind nach Des Cloizeaux[1]) trikline Combinationen von $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$ und $\{001\}$, gestatten also keine vollständige Bestimmung der Elemente; $(110):(1\bar{1}0) = 57°20'$, $(110):(001) =$

10) Palmaer, Om Iridiums ammon. föreningar, Inaug.-Dissert. Upsala 1895. Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1895, 10, 382. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 28, 515.

11) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-physikal. Chemie, Leipzig 1881, 1, 376. Die daselbst angegebenen berechneten Winkel sind unrichtig, und die für $\varrho\{10\bar{1}\}$ angegebenen beziehen sich auf $r\{101\}$.

1) Yvon (Mess. v. Des Cloizeaux), Compt. rend. 1877, 84, 1162. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 2, 105.

56°25′, (1$\bar{1}$0) : (001) = 67°8′; Ebene der optischen Axen ∥ [110.100] und schief gegen {1$\bar{1}$0}.

Das **basische Cerinitrat-Enneahemihydrat** = $(NO_3)_3CeOH.4\frac{1}{2}H_2O$ wurde neuerdings als monoklin bestimmt.

**Tetrammin-Rutheniumnitrosohydroxydinitrat** = $(NO_3)_2OH(NO)Ru.4NH_3$ krystallisiert monoklin und zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit dem entsprechenden Dichloride (**1**, 267), besonders in bezug auf die Winkel des vorherrschenden Prismas {110} mit denen der Form {221} des Chlorides.

Das durch seine Fluorescenz bekannte **Uranylnitrat-Hexahydrat** = $(NO_3)_2UO_2.6H_2O$ bildet leicht große rhombische Krystalle, von denen nur ältere Messungen vorliegen, deren Genauigkeit zu wünschen übrig läßt.

### Basisches Cerinitrat-Enneahemihydrat = $(NO_3)_3CeOH.4\frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin prismatisch (pseudohexagonal).

$a:b:c = 1,7834:1:1,0465; \quad \beta = 90°48'$ Lang[2]).

Dargestellt von Haitinger[2]); nach Lang sechsseitige Tafeln nach $c${001} mit den Randflächen $m${110}, $a${100}, untergeordnet: $o${111}, $\omega${11$\bar{1}$}, $\sigma${20$\bar{1}$}.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:a$ | = (110) : (100) = | — | *60°43′ |
| $m:c$ | = (110) : (001) = | — | *89 37 |
| $a:c$ | = (100) : (001) = | 89°12′ | 89 30 |
| $\sigma:a$ | = (20$\bar{1}$) : (100) = | 40 46 | 40 30 |
| $o:c$ | = (111) : (001) = | 49 57 | 50 9 |
| $o:a$ | = (111) : (100) = | 67 28 | 67 40 |
| $o:\omega'$ | = (111) : ($\bar{1}$11) = | 44 8 | 44 5 |
| $\omega':c$ | = ($\bar{1}$11) : (001) = | — | *50 26 |
| $\omega':m$ | = ($\bar{1}$11) : (110) = | 66 2 | 66 28 |
| $\omega:\sigma$ | = (11$\bar{1}$) : (20$\bar{1}$) = | 45 43 | 45 38 |
| $\sigma:m$ | = (20$\bar{1}$) : (110) = | 68 15 | 67 54 |

Spaltbarkeit nach $c${001} sehr vollkommen.
Ebene der opt. Axen $b${010}; das Interferenzbild einer Axe durch $c${001} sichtbar.

### Tetrammin-Rutheniumnitrosohydroxydinitrat = $(NO_3)_2OH(NO)Ru.4NH_3$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,4149:1:1,3773; \quad \beta = 111°42'$ Dufet[3]).

Die schönen, von Joly[4]) dargestellten Krystalle zeigen vorherrschend $c${001} und $m${110}, sehr klein $o${111} und $\sigma${20$\bar{1}$}.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:c$ | = (110) : (001) = | — | *77° 4′ |
| $o:c$ | = (111) : (001) = | — | *49 3 |
| $m:m$ | = (110) : (1$\bar{1}$0) = | — | *105 29 |
| $o:o$ | = (111) : (1$\bar{1}$1) = | 76°10′ | 76 7 |
| $\sigma:c'$ | = (20$\bar{1}$) : (00$\bar{1}$) = | 81 12 | 81 13 |
| $\sigma:m$ | = (20$\bar{1}$) : (110) = | 58 34 | 58 36 |

2) V. von Lang und L. Haitinger, Lieben-Festschrift, Wien 1906, 718 (Ann. d. Chemie 1907, **351**, 450 f.).

3) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 474. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 279 (hier fehlt in der Formel 2).

4) Joly, Compt. rend. 1889, **108**, 1300.

### Uranylnitrat-Hexahydrat = $(NO_3)_2UO_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,807 Boedeker.
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8737:1:0{,}6088$ de la Provostaye[5]).

Das Salz krystallisiert in kurzen quadratischen Prismen, gebildet von $b\{010\}$ und $a\{100\}$, nach ersterem auch tafelig, combiniert mit $o\{111\}$; nicht selten untergeordnet $q\{011\}$. Messungen von de la Provostaye, Schabus[6]), Grailich[7]) und Rammelsberg[8]).

| | Berechnet: | Beobachtet: de la Provestaye: | Schabus: | Grailich: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = 53° 0′ | — | 52°54′ | 53° 0′ | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ | = — | *61°30′ | 61 55 | 62 40 | 62°16 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | = 94 28 | — | — | — | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | = — | *62 40 | 62 34½ | — | — |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$, $2E = 67°6'$, Dispersion $\varrho < v$ Grailich[7]). Lang[9]) fand den mittleren Brechungsindex:

$\beta = 1{,}4950$ für Rot, 1,4967 für Gelb, 1,4991 für Grün, 1,5023 für Blau;
$2E = 68°15'$ f. Rot, $69°15'$ f. Blau; $2V$ berechnet: $44°5'$ f. Rot, $44°27'$ f. Blau.

Des Cloizeaux[10]) beobachtete:

$2E = 68°5'$ für Rot, $69°40'$ für Violett.

Farbe zeisiggrün; Schwingungen ‖ $\mathfrak{a}$ am hellsten, $\mathfrak{b}$ grünlichgelb, $\mathfrak{c}$ tief citrongelb (Schabus). Gelbgrüne Fluorescenz, untersucht von Stokes, E. Becquerel und Hagenbach[11]). Das Absorptionsspectrum zeigt dunkle Linien und Absorption des Violett, s. Hagenbach und H. Becquerel[12]). Nach Herschel[13]) zeigen die Krystalle beim Zerdrücken eine grünlichgelbe Triboluminescenz.

Schwach diamagnetisch, am stärksten in der $a$-Axe, am schwächsten in der $b$-Axe (Lang[14])).

## Doppel- (und Tripel-) Salze.

### Doppelnitrate, -chlorate usw. einwertiger Elemente und deren Verbindungen mit Halogeniden und Cyaniden.

Hierher gehören zunächst die sogenannten sauren Alkalijodate, d. h. die Verbindungen von normalem Alkalijodat mit Jodsäure. Das **Kaliumdijodat** = $JO_3K . JO_3H$ existiert in drei verschiedenen Modificationen, von denen zwei schon früher gemessen worden waren, als Marignac[1]) die

5) H. de la Provostaye, Ann. chim. phys. 1842, (3) **5**, 48.
6) Schabus, Best. d. Krystallgest. in chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 40.
7) Grailich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1857, **27**, 41.
8) Rammelsberg, Die neuest. Forsch. in d. krystall. Chemie, Leipzig 1857, 58.
9) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **31**, 120.
10) Des Cloizeaux, Annales de mines 1858, (5) **14**, 358.
11) Hagenbach, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1872, **146**, 395.
12) H. Becquerel, Ann. chim. phys. 1888, (6) **14**, 170. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 330.
13) Herschel, Nature 1899, **60**, 29. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **34**, 432.
14) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **32**, 61.

1) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1856, (5) **9**, 35. Oeuvres **1**, 462.

Trimorphie des Salzes feststellte; nach ihm scheint die Temperatur von geringem Einflusse auf die Bildung der Modificationen zu sein, denn er erhielt alle drei sowohl durch Verdunstung im Vacuum in der Kälte, als durch Eindampfen der Lösung bei 40°. Die $\alpha$-Modification (monoklin) bildet sich im allgemeinen bei einem kleinem Überschusse an Säure und auch in den Mutterlaugen der $\gamma$-Modification, während diese sich nach und nach auflöst; die $\beta$-Modification (rhombisch) entsteht nur, wenn die Lösung ein wenig neutrales Jodat enthält; die $\gamma$-Modification (monoklin) bildet sich immer neben den beiden anderen und krystallisiert zuerst, wenn man eine warme, nicht zu concentrierte Lösung abkühlen läßt. Nicht selten beobachtete Marignac alle drei Modificationen in einer und derselben Krystallisation. Versuche über Umwandlung, sowie optische Untersuchung der Krystalle fehlen, und ein weiteres Studium dieser Körper wäre auch deshalb erwünscht, weil dieselben, besonders die $\beta$- und $\gamma$-Modification, einige auffallende Winkelähnlichkeiten zeigen, auf welche bereits Marignac aufmerksam gemacht hat. Mit Vorteil könnten auch die entsprechenden Rubidium- und Cäsiumverbindungen in den Kreis der Untersuchung gezogen werden, deren erstere von Wheeler[2]) dargestellt, aber nicht in meßbaren Krystallen erhalten worden ist. Von den Verbindungen normaler Alkalijodate mit 2 Mol. Jodsäure wurden gemessen: **Kalium- und Ammoniumtrijodat** = $JO_3K.2JO_3H$ bzw. $JO_3NH_4.2JO_3H$, beide sind triklin und unzweifelhaft isomorph; die Rubidiumverbindung erhielt Wheeler[2]) (l. c. 126) als schwer lösliches Pulver.

Es wurde bereits S. 61f. und 81f. angeführt, daß die Nitrate, Chlorate usw. von $Na$ und $Ag$ nicht mit denjenigen von $K$, $Rb$, $Cs$, $Tl$ und $NH_4$ isomorph seien, sondern daß sich statt der Mischkrystalle zwischen einem Salze der ersten Gruppe und einem solchen der zweiten Doppelsalze, aus gleichen Molekülen der einfachen Salze bestehend, bilden. Die Existenz solcher Doppelsalze ist bis jetzt nachgewiesen für das Nitrat des Silbers mit denjenigen von $K$, $Rb$ und $NH_4$ und für die Chlorate von Silber und Kalium. Während diese aus den Lösungen gleicher Moleküle der beiden Componenten leicht krystallisieren, gelang es Retgers[3]) nicht, ein Doppelsalz von Natriumnitrat und Kaliumnitrat zu erhalten; dagegen erhielt er, wie bereits S. 82 angeführt wurde, aus dem Schmelzflusse ein Doppelsalz, wahrscheinlich $ClO_3K.ClO_3Na$. Mit den Bromaten und Jodaten sind noch keine Versuche zur Darstellung analoger Doppelsalze angestellt worden, und diese wären besonders interessant, weil sie gestatten würden, die morphotropische Wirkung der Substitution des Wasserstoffes in dem oben erwähnten Bijodate $JO_3K.JO_3H$ durch Natrium bzw. Silber zu studieren. **Kaliumsilbernitrat** = $NO_3K.NO_3Ag$ wurde zuerst von Russell[4]) dargestellt und von Maskelyne (l. c.) als

2) Wheeler, Amer. Journ. Sc. 1892, (3) **44**, 125.
3) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1889, **4**, 620. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 627.
4) Russell u. Story-Maskelyne, Proceed. Roy. Soc. Lond. 1877, **26**, 357.

monoklin erkannt; es bildet sich nach Kurnakow und Eilers[5]) auch aus dem Schmelzflusse beider Nitrate. Nach Ditte[6]) erhält man schöne Krystalle aus Lösungen, welche wenigstens 3 Mol. $NO_3Ag$ auf 1 Mol. $NO_3K$ enthalten, und auf gleiche Weise entsteht das Doppelsalz $NO_3Rb.NO_3Ag$, während das **Ammoniumsilbernitrat** = $NO_3NH_4.NO_3Ag$ am leichtesten entsteht, wenn gleiche Gewichtsmengen beider Nitrate vorhanden sind. Das letztere Salz bildet nach Retgers[3]) (l. c. 616) schmale Tafeln, deren eine Schwingungsrichtung der Längsrichtung parallel und deren vorherrschende Fläche ungefähr normal zur Mittellinie des sehr spitzen Winkels der optischen Axen ist. Hiernach ist die Ammoniumverbindung unzweifelhaft mit der Kaliumverbindung isomorph. Dasselbe wäre auch für das von Retgers[7]) dargestellte **Kaliumsilberchlorat** = $ClO_3K.ClO_3Ag$ zu erwarten, dieses krystallisiert aber in optisch einaxigen tetragonalen Tafeln (obgleich Retgers von diesem Doppelsalze bis 1 cm große, pyramidal entwickelte Krystalle erhielt, hat er doch keine Messungen derselben mitgeteilt und auch keine Versuche angestellt, Mischungen mit dem Doppelnitrate zu erhalten; da letzteres nahezu optisch einaxig ist, so liegt die Möglichkeit vor, daß die beobachtete optische Einaxigkeit des Chlorates nür eine scheinbare und das Salz mit dem Nitrate isomorph ist).

Von wasserhaltigen Doppelsalzen einwertiger Metalle ist nur eines gemessen worden, das rhombisch krystallisierte **Ammoniummercuronitrat-Pentahemihydrat** = $2NO_3NH_4.NO_3Hg.2\frac{1}{2}H_2O$.

**Kaliumdijodat-Kaliumchlorid** = $JO_3K.JO_3H.KCl$ krystallisiert rhombisch; Marignac[1]) (l. c. 45 bzw. 471) hat darauf aufmerksam gemacht, daß die $a:b:c$ dieses Salzes sehr nahe mit $b:a:\frac{1}{2}c$ der $\alpha$-Modification von Kaliumdijodat übereinstimmt, doch liegt dieser Ähnlichkeit schwerlich eine Gesetzmäßigkeit zugrunde, da die vorherrschenden Prismen {110} und {101} des ersten Körpers am zweiten nicht auftretenden Formen entsprechen würden.

Während das Doppelsalz $NO_3K.NO_3Na$ für sich nicht zu existieren scheint, bildet es mit dem Anhydrid des gelben Blutlaugensalzes eine Verbindung: **Kaliumnatriumnitrat-Kaliumhexacyanoferroat** = $2NO_3K.2NO_3Na.Fe(CN)_6K_4$, welche man aber auch als ein Doppelsalz von Kaliumnitrat mit Kaliumnatriumhexacyanoferroat = $4NO_3K.Fe(CN)_6K_2Na_2$ betrachten kann.

### Kaliumdijodat = $JO_3K.JO_3H$.

#### $\alpha$-Modification.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1490:1:2,6235$; $\beta = 91°56'$ Marignac[1]).

Bildet sich nach Marignac[1]) gewöhnlich aus einer Lösung, die etwas überschüssige Säure enthält; sie entsteht auch unter dem Einflusse des Lösungsmittels

5) Kurnakow u. Eilers, Bull. russ. phys. chem. Ges. 2./14. Dec. 1899. Ausz. Chemikerzeitung 1900, 1, 60. S. auch Ussow, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904, 38, 419. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 42, 670.

6) Ditte, Ann. chim. phys. 1886, (6) 8, 418. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 13, 429.

7) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1889, 5, 445. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 19, 629.

s der zuerst abgeschiedenen $\gamma$-Modification, die sich auflöst, während gleichitig die $\alpha$-Modification sich abscheidet. Gemessen von Schabus[8]), Rammelserg[9]) und Marignac (l. c. 37 bzw. 464).

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\sigma\{10\bar{2}\}$, $n\{210\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$, 014}, $u\{015\}$, $w\{016\}$, $z\{018\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $x\{113\}$, $\zeta\{11\bar{4}\}$, $\eta\{11\bar{5}\}$, 2.1.12}, $v\{212\}$. Die gewöhnlichen Formen $c$, $a$, $k$, $n$ und $o$ werden von en drei Autoren erwähnt. $\sigma$ ist untergeordnet nur von Schabus, $v$ nur von ammelsberg beobachtet, Letzterer erwähnt außerdem noch $q$, $t$ und $x$. arignac beobachtete außer $\sigma$ und $v$ die gesamten Formen. Von diesen geben $w$ und $z$ meist nur undeutliche Reflexe, während $\zeta$ und $\eta$ nur als äußerst ımale Streifen auftreten. Die Krystalle sind prismatisch nach der $b$-Axe verıgert. Sie sind fast immer Zwillinge. Das eine, häufigere Gesetz hat eine Fläche r nicht beobachteten Form $\{101\}$ zur Zwillingsebene; es sind oft Durchuzungszwillinge. Seltener sind Zwillinge nach $\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: | Schabus: |
|---|---|---|---|---|
| $a:n = (100):(210)$ | $= 29^\circ 52'$ | $29^\circ 55'$ | — | $30^\circ\ 4'$ |
| $c:q = (001):(011)$ | = 69 7 | 69 10 | $68^\circ 45'$ | — |
| $c:k = (001):(012)$ | = 52 40 | 52 30 | 52 13 | 51 |
| $c:t = (001):(014)$ | = 33 15 | 33 20 | 33 | — |
| $c:u = (001):(015)$ | = 27 40 | $27^\circ$—$30^\circ$ | — | — |
| $c:w = (001):(016)$ | = 23 36 | $23^\circ 30'$ | — | — |
| $c:z = (001):(018)$ | = 18 9 | $18^\circ$—$21^\circ$ | — | — |
| $c:a = (001):(100)$ | = 88 4 | $88^\circ$ 0 | — | 87 16 |
| $c:\sigma = (001):(10\bar{2})$ | = 49 53 | — | — | 50 |
| $c:n = (001):(210)$ | = 88 19 | 88 10 | — | — |
| $c:o = (001):(111)$ | = — | *72 47 | — | 72 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11)$ | = 75 8 | 75 18 | — | — |
| $c:x = (001):(113)$ | = 48 29 | 48 35 | 47 48 | — |
| $c:v = (001):(212)$ | = 67 45 | — | 69 40 | — |
| $c:y = (001):(2.1.12)$ | = 23 25 | 23 45 | — | — |
| $c:\zeta' = (001):(\bar{1}14)$ | = 41 32 | 41 10 | — | — |
| $c:\eta' = (001):(\bar{1}15)$ | = 35 13 | 35 23 | — | — |
| $a:o = (100):(111)$ | = 50 27 | 50 20 | 50 30 | 50 38 |
| $a:q = (100):(011)$ | = 89 19 | 88 55 | — | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1})$ | = 51 17 | 51 24 | — | 51 40 |
| $a:k = (100):(012)$ | = 88 50 | 88 45 | — | — |
| $a:v = (100):(212)$ | = 35 26 | — | 36 ca. | — |
| $a:x = (100):(113)$ | = 59 6 | 58 57 | — | — |
| $a:t = (100):(014)$ | = 88 23 | 88 20 | — | — |
| $a:\zeta = (100):(11\bar{4})$ | = 65 48 | 66 | — | — |
| $a:u = (100):(015)$ | = 88 17 | 88 30 | — | — |
| $a:\eta = (100):(11\bar{5})$ | = 69 27 | 69 10 | — | — |
| $a:w = (100):(016)$ | = 88 14 | — | — | — |
| $o = (111):(1\bar{1}1)$ | = 92 12 | 92 20 | — | — |
| $v = (212):(2\bar{1}2)$ | = 54 54 | — | — | — |
| $x = (113):(1\bar{1}3)$ | = 68 46 | — | — | — |
| $y = (2.1.12):(2.\bar{1}.12)$ | = 22 50 | — | — | — |
| $m = (210):(110)$ | = 24 22 | 24 30 | — | — |

[8]) Schabus, Best. d. Krystallgest. in chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 94.
[9]) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 145.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: | Schabus: |
|---|---|---|---|---|
| $n:k = (210):(012)$ | $= 65°34'$ | $65°25'$ | — | — |
| $o:k = (111):(012)$ | $= 41\ 12$ | — | $41°46'$ | — |
| $c:\underline{c} = (001):(\underline{001})$ | = — | *50 32 | — | 50° |
| $a:\underline{a} = (100):(\underline{100})$ | = — | *46 40 | — | — |
| $o:\underline{o} = (111):(\underline{111})$ | = 87 48 | 87 40 | — | — |
| $q:\underline{q} = (011):(\underline{011})$ | = 17 30 | — | — | — |
| $k:\underline{k} = (012):(\underline{012})$ | = 30 0 | 30 6 | — | — |
| $x:\underline{x} = (113):(\underline{113})$ | = 93 21 | 93 36 | — | — |
| $u:\underline{u} = (015):(\underline{015})$ | = 44 25 | 44 ca. | — | — |
| $\zeta:\underline{\zeta} = (11\bar{4}):(\underline{11\bar{4}})$ | = 8 31 | 8 ca. | — | — |
| $w:\underline{w} = (016):(\underline{016})$ | = 46 3 | 46 12 | — | — |

Spaltbarkeit nach {001} sehr vollkommen (Marignac).

### β-Modification.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 1,147:1:2,6175$ Marignac[1]).

Entsteht aus einer Lösung, die neben Bijodat etwas neutrales Jodat enthält. Gemessen von Schabus[8]) (l. c. 36) und Marignac (l. c. 39 bzw. 466).

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $x\{113\}$, $y\{112\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$, $t\{014\}$. Marignac beschreibt dicksäulenförmige Krystalle, nach Schabus sind die Krystalle vorwiegend dicktafelig nach $c$, selten kurzsäulenförmig.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Schabus: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10)$ | = — | *82°10' | 82° 4' |
| $c:k = (001):(012)$ | = — | *52 37 | 51 55 |
| $c:t = (001):(014)$ | = 33°12' | 33 23 | 32 40 |
| $c:o = (001):(111)$ | = 73 56 | 73°—75° | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = 92 50 | 93°50' | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ | = 78 20 | 78 | — |
| $c:x = (001):(113)$ | = 49 11 | 48°30'—49°30' | 48 31 |
| $x:x = (113):(1\bar{1}3)$ | = 69 34 | 69°28' | — |
| $x:x' = (113):(\bar{1}13)$ | = 59 59 | 60 10 | — |
| $c:y = (001):(112)$ | = 60 4 | 59°30'—60°30' | 59 30 |
| $y:y = (112):(1\bar{1}2)$ | = 81 34 | 81°26' | — |
| $y:y' = (112):(\bar{1}12)$ | = 69 26 | 69 27 | — |

Nach Marignac ist keine Spaltbarkeit vorhanden, nach Schabus unvollkommene Spaltbarkeit nach {001}.

### γ-Modification.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,8565:1:1,295$; $\beta = 98°45'$ Marignac[1]).

Entsteht am häufigsten unter den drei Modificationen, gewöhnlich jedoch in nicht meßbaren Krystallen; sie bildet sich immer neben der α- und β-Modification und entsteht außerdem zuerst beim langsamen Abkühlen der in der Wärme eingeengten Lösung. Gemessen von Marignac l. c. 41 bzw. 467.

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $k\{021\}$, $r\{101\}$, $s\{301\}$?, $t\{102\}$, $u\{305\}$?, $w\{205\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\tau\{10\bar{2}\}$, $\eta\{30\bar{8}\}$, $o\{111\}$, $x\{223\}$?, $y\{334\}$?. Dünne Lamellen, meist zu Rosetten gruppiert; seltener sind einzelne Individuen. Die Formen der Zonen [100] und [010] herrschen meist vor, so daß

die Lamellen rechteckig erscheinen. Wegen ihrer geringen Dicke sind die Krystalle nicht sehr genau meßbar, weshalb mehrere Formen unsicher sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *80° 30′ |
| $c:q = (001):(011)$ = | 52° 0′ | 51 40 |
| $c:k = (001):(021)$ = | 68 40 | 69 |
| $c:o = (001):(111)$ = | — | *58 0 |
| $c:x = (001):(223)$ = | 48 40 | 47° 40′—50° |
| $c:y = (001):(334)$ = | 51 32 | 50°—51° 40′ |
| $c:m = (001):(110)$ = | — | *83° 20′ |
| $c:w = (001):(205)$ = | 28 42 | 28°—30° |
| $c:t = (001):(102)$ = | 33 49 | 32 —35 |
| $c:v = (001):(305)$ = | 38 14 | 38° ca. |
| $c:s = (001):(304)$ = | 43 42 | 44°—46° |
| $c:r = (001):(101)$ = | 50 32 | 50° 50′ |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01)$ = | 62 44 | 62 35 |
| $c:\tau' = (001):(\bar{1}02)$ = | 40 10 | 39 40 |
| $c:\eta' = (001):(\bar{3}08)$ = | 31 31 | 31 46 |
| $r:o = (101):(111)$ = | 33 29 | 33° 20′—33° 50′ |
| $x:x = (223):(2\bar{2}3)$ = | 58 29 | 57 30 —61 25 |
| $y:y = (334):(3\bar{3}4)$ = | 61 14 | |
| $r:m = (101):(110)$ = | 48 59 | 48° 52′ |
| $r:q = (101):(011)$ = | 66 58 | 67 9 |
| $r:k = (101):(021)$ = | 76 38 | 76 ca. |
| $r:x = (101):(223)$ = | 30 41 | 31 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110)$ = | 51 53 | 51°—52° |
| $q:m = (011):(110)$ = | 54 30 | 54° 45′ |
| $q:t = (011):(102)$ = | 59 14 | — |
| $q:\tau' = (011):(\bar{1}02)$ = | 61 56 | 61 40 ca. |
| $t:o = (102):(111)$ = | 36 59 | 38 ca. |
| $t:x = (102):(223)$ = | 30 | 29°—32° |
| $m:t = (110):(102)$ = | 58 55 | 58 —61 |
| $m:\tau = (110):(10\bar{2})$ = | 66 34 | 67° ca. |

## Kaliumtrijodat = $JO_3K.2JO_3H$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}5727:1:0{,}5770\ ^{10)}.$$

$$\alpha = 81°24', \quad \beta = 114°34', \quad \gamma = 90°40'.$$

Gemessen von Rammelsberg[9] (l. c. 146), dessen Messungen Marignac[1] (l. c. 43 bzw. 470) bestätigte. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$. Krystalle prismatisch nach der $c$-Axe; am Ende die Basis $c$ vorherrschend.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010)$ = | 93° 15′ | — |
| $b:m = (010):(110)$ = | — | *64° 48′ |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *55 30 |
| $b':c = (0\bar{1}0):(001)$ = | — | *80 50 |
| $c:m = (001):(110)$ = | — | *72 20 |
| $c:\mu = (001):(1\bar{1}0)$ = | 64 14′ | 64 38 |
| $m:\omega = (110):(11\bar{1})$ = | — | *49 42 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $m\{110\}$ ziemlich vollkommen (Marignac).

10) Nach Rammelsbergs Messungen berechnet von Goßner.

### Ammoniumtrijodat = $JO_3NH_4 . 2JO_3H$.

Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0,5693 : 1 : ?$$ [11]).

$$\alpha = 81^\circ 17', \quad \beta = 115^\circ 8', \quad \gamma = 90^\circ 49'.$$

Dargestellt von Rudelius[12]). Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 93° 13′ | — |
| $b:m = (010):(110) =$ | — | *65° 0′ |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *55 3 |
| $b':c = (0\bar{1}0):(001) =$ | — | *80 45 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *71 49 |
| $c:\mu = (001):(1\bar{1}0) =$ | 63 41 | 63 37 |

### Kaliumsilbernitrat = $NO_3K . NO_3Ag$.

Spec. Gew. 3,219 Retgers[3]) (l. c. 612).

Monoklin (sphenoidisch?).

$$a : b : c = 1,4098 : 1 : 1,6603; \quad \beta = 97^\circ 47$$ Negri[13]).

An den von Russell dargestellten Krystallen beobachtete Maskelyne[4]) die Formen $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $q\{011\}$, $x\{21\bar{1}\}$ und $y\{12\bar{2}\}$; über die Ausbildung gibt er nur an, daß die beiden letzten Formen, für welche keine Messungen angeführt werden, als Sphenoide auftreten. Friedländer[14]) beschrieb das Salz in einer anderen Aufstellung, gab aber falsch berechnete Elemente an, welche von Negri corrigiert wurden; auf die von Maskelyne gewählte Stellung bezogen, sind seine Krystalle rectangulär, nach der $b$-Axe verlängerte Tafeln nach $a\{100\}$, begrenzt von $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $r\{101\}$ an den längeren, von $m\{110\}$ an den kürzeren Seiten.

| | Berechnet: | Beobachtet: Friedländer: | Beobachtet: Maskelyne: |
|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *82° 13′ | 82° 22′ |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *54 24 | 54 19 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *43 33 | 43 40 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 37° 2′ | 37 1 | 37 14 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 65 2½ | 65 1 | — |
| $o:b = (111):(010) =$ | 45 0½ | — | 45 7 |
| $q:b = (011):(010) =$ | 31 18 | — | 31 29½ |

Maskelyne gibt »averages« nach $\{10\bar{1}\}$, $\{110\}$ und $\{101\}$ an; Friedländer beobachtete keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung negativ, sehr stark; Axenebene $\perp b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet ca. 35° mit der Normale zu $a\{100\}$ (für Rot 13′ weniger, als für Blau), 8° 40′ mit der Normale zu $\varrho\{10\bar{1}\}$; $2E = 4^\circ 25'$ rot, $13^\circ 11'$ blau (Maskelyne). Friedländer beobachtete dagegen durch $a\{100\}$ das Interferenzbild gekreuzter Axenebenen und fand für $Li$-Rot $2E = 8^\circ 34'$ in der Symmetrieebene, für $Na$-Gelb $2E = 3^\circ 44'$ und für $Tl$-Grün $= 9^\circ 54'$ mit der Axenebene $\perp b\{010\}$; die 1. Mittellinie (für verschiedene Farben wenig dispergiert) ist nach ihm ca. 17° zur Normale zu $a\{100\}$ geneigt.

11) Nach den Messungen von Rudelius berechnet von Goßner.

12) Rudelius, Journ. f. prakt. Chemie 1889, (2) **40**, 336. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 398.

13) Negri, Rivista d. min. e crist. ital. 1891, **9**, 51.

14) Friedländer, Zeitschr. f. Krystallogr. 1879, **3**, 215.

### Ammoniummercuronitrat-½-Hydrat = $2NO_3NH_4 . NO_3Hg . 2\frac{1}{2}H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,6924 : 1 : 0,3649$ Rammelsberg[15]).

Die von Rammelsberg aus der Lösung der beiden Nitrate erhaltenen Krystalle sind Prismen $m\{110\}$, combiniert mit $o\{111\}$ und $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (010) : (1\bar{1}0) =$ | — | *69° 24′ |
| $o : m = (111) : (110) =$ | — | *57 20 |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 35° 48′ | 35 50 |
| $o : o' = (111) : (\bar{1}11) =$ | 52 42 | — |

### Kaliumdijodat-Kaliumchlorid = $JO_3K . JO_3H . KCl$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,8713 : 1 : 0,7709$ Rammelsberg[16]).

Dargestellt von Rammelsberg aus einer Lösung von $JO_3K$ in $HCl$ oder durch Einleiten von Chlor in Wasser, in welchem Jod verteilt ist, und Versetzen der Lösung mit Kaliumcarbonat, so lange sich kein Jod abscheidet. Die Formel des Salzes wurde von Marignac[1]) (l. c. 44 bzw. 471) festgestellt und von Wheeler[2]) (l. c. 131), welcher dasselbe aus einer Lösung von $KCl . Cl_3J$ erhielt, bestätigt. Rammelsberg beobachtete die Formen: $a\{100\}$ meist vorherrschend, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $b\{010\}$, $s\{102\}$, nicht immer vorhanden $x\{122\}$, selten und klein $c\{001\}$; die Krystalle sind entweder nach $m\{110\}$ oder nach $r\{101\}$ prismatisch und oft unsymmetrisch ausgebildet. Marignac gibt nur an, daß seine Messungen mit denen Rammelsbergs ziemlich genau übereinstimmen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *82° 8′ |
| $r : r = (101) : (\bar{1}01) =$ | — | *83 0 |
| $s : s = (102) : (\bar{1}02) =$ | 47° 44′ | 48 0 |
| $x : x = (122) : (1\bar{2}2) =$ | 70 22 | — |
| $x : x' = (122) : (\bar{1}22) =$ | 38 36 | 38 15 |
| $x : {}'x = (122) : (\bar{1}\bar{2}2) =$ | 83 16 | — |
| $m : r = (110) : (101) =$ | 60 2 | — |
| $m : s = (110) : (102) =$ | 72 14 | — |

### Kaliumnatriumnitrat-Kaliumhexacyanoferroat = $2NO_3K . 2NO_3Na . Fe(CN)_6K_4 = 4NO_3K . Fe(CN)_6K_2Na_2$.

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 101° 47'$ ($a : c = 1 : 0,8585$ Lang[17])).

Das Salz bildet sich nach Martius[17]) bei der Verarbeitung kalihaltiger Rückstände der Blutlaugensalzfabrikation auf Kaliumnitrat aus den Mutterlaugen des letzteren beim Abkühlen und kann durch Umkrystallisieren aus kochendem Wasser rein erhalten werden; es bildet nach Lang[17]) tafelförmige Combinationen von $c\{111\}$ mit $r\{100\}$ und $s\{33\bar{1}\}$; untergeordnet treten noch auf: $\xi\{8\bar{1}\bar{1}\}$, $\omega\{5\bar{1}\bar{1}\}$ und deren correlate Rhomboëder $x\{\bar{4}55\}$ und $o\{\bar{1}11\}$.

---

15) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1860, **109**, 377.

16) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, **97**, 92. Neu berechnet von Goßner, wobei sich ein Druckfehler bei einem der Fundamentalwinkel R.s ergab.

17) Martius (Krystallbest. v. V. v. Lang), Monatsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1866, 83.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (100):(111)$ | $= 44^\circ 45'$ | $45^\circ\ 0'$ |
| $s:c = (\bar{1}33):(111)$ | $=$ — | *38 25 |
| $\xi:c = (8\bar{1}\bar{1}):(111)$ / $x:c = (\bar{4}55):(111)$ | $= 56\ 37$ | 56 50 |
| $\omega:c = (5\bar{1}\bar{1}):(111)$ / $o:c = (\bar{1}11):(111)$ | $= 63\ 14$ | 64 appr. |
| $r:r = (100):(010)$ | $= 75\ 8$ | — |

Farbe hellgelb; beim längeren Liegen am Lichte werden die Krystalle an der Oberfläche grünlich; beim Reiben und Schütteln im Dunkeln phosphorescieren sie mit blaugrünem Lichte.

## Doppelnitrate von zwei- und einwertigen Metallen oder Atomgruppen.

Doppelsalze der Salpetersäure und verwandter Säuren mit zwei- und einwertigen Metallen existieren nur sehr wenige, z. B. solche von Silber und Blei bzw. Quecksilber, doch ist keines derselben krystallographisch bestimmt worden.

Nur über eine Gruppe von Uranylsalzen ist bisher eine krystallographische Untersuchung publiciert worden, nach welcher **Kaliumuranylnitrat** $= (NO_3)_3UO_2.K$ rhombisch, **Rubidium- und Cäsiumuranylnitrat** $= (NO_3)_3UO_2.Rb$ und $(NO_3)_3UO_2.Cs$ trigonal, endlich **Ammoniumuranylnitrat** $= (NO_3)_3UO_2.NH_4$ in einer rhombischen, dem Kaliumsalze entsprechenden, und einer trigonalen, nicht meßbaren, aber wahrscheinlich mit der *Rb*- und *Cs*-Verbindung isomorphen Modification krystallisiert. Unter welchen Bedingungen die eine und die andere entsteht und wie sich die Salze in Mischungen verhalten, ist nicht untersucht worden, doch handelt es sich hier zweifellos um eine isodimorphe Gruppe. Von dem Kaliumsalze wurde neuerdings im Laboratorium des Verf. ein anderes Präparat gemessen, welches sich ebenfalls rhombisch, aber anders krystallisiert ergab; da diese Krystalle, trotzdem sie wasserfrei sind, bald von selbst, manchmal schon beim Herausnehmen aus der Lösung, trübe werden, liegt hier jedenfalls eine dritte, weniger stabile Modification vor; die zweite Modification des Ammoniumsalzes konnte bei dieser Gelegenheit ebenfalls gemessen und in der Tat als isomorph mit der *Rb*- und *Cs*-Verbindung erkannt werden.

### Kaliumuranylnitrat $= (NO_3)_3UO_2.K$.

**$\alpha$-Modification.**

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}7015:1:1{,}1560 \text{ Sachs}^{1)}.$$

Die von Rimbach[2]) dargestellten, grünlichgelben, zerfließlichen Krystalle sind nach Sachs Combinationen von $c\{001\}$, $b\{010\}$ und $o\{111\}$, an denen gewöhnlich eine der beiden ersten Formen vorherrscht.

1) Sachs, Zeitschr. f. Krystall. 1904, **38**, 497.
2) Rimbach (Mess. v. Sachs), Ber. d. d. chem. Ges. 1904, **37**, 472.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *61° 54′ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *52 50 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 94° 18′ | 94 9 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; $2H$ (in Öl, dessen $n = 1{,}5033$) $= 44°34'$ für $Na$.

### $\gamma$-Modification.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8541:1:0{,}6792$ Steinmetz und Sykes.

Die von Meyer und Wendel[3]) dargestellten Krystalle sind nach Steinmetz und Sykes (Privatmitt.) dicktafelige Combinationen von $c\{001\}$, $m\{110\}$ mit den untergeordneten Formen: $b\{010\}$, $a\{100\}$, $s\{102\}$, $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *81° 0′ |
| $s:c = (102):(001) =$ | — | *21 41 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 44° 47½′ | 44 40½ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 63 0 | 63 8 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen.

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$, Axenbilder durch $\{110\}$ sichtbar.

### Rubidiumuranylnitrat = $(NO_3)_3UO_2.Rb$.

Trigonal. $\alpha = 96°56'$ ($a:c = 1:1{,}0074$ Sachs[1])).

Dargestellt von Rimbach; nach Sachs zerfließliche grünlichgelbe Prismen $a\{10\bar{1}\}$ mit $r\{100\}$. Dieselbe Form beobachtete Steinmetz an einem Präparate von Meyer und Wendel[3]) und fand $\alpha = 96°43'$ ($a:c = 1:1{,}0146$).

$r:r = (100):(010) = {}^*82°6'$ beob.

Spaltbarkeit nach $s\{110\}$ vollkommen; $s:s = (110):(101) = 51°57'$ ber., $51°36'$ beob. Steinmetz.

### Cäsiumuranylnitrat = $(NO_3)_3UO_2.Cs$.

Trigonal. $\alpha = 96°48'$ ($a:c = 1:1{,}0117$ Sachs[1])).

Darstellung und Eigenschaften = vor.

$r:r = (100):(010) = {}^*82°16'$ beob.

### Ammoniumuranylnitrat = $(NO_3)_3UO_2.NH_4$.

#### $\alpha$-Modification.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7003:1:1{,}1419$ Sachs[2]).

Die sehr zerfließlichen Krystalle, welche Rimbach bei einigen Darstellungen (bei anderen nicht meßbare trigonale) erhielt, zeigen dieselben Formen, wie das Kaliumsalz.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *61° 40′ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *53 20 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 94° 6′ | 94 15 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; $2H = 44°40'$ für $Na$.

3) R. J. Meyer u. F. Wendel, Ber. d. d. chem. Ges. 1903, **36**, 4055.

### β-Modification.

Trigonal. $\alpha = 97^\circ 6'$ ($a : c = 1 : 1{,}0027$ Steinmetz (Privatmitt.)).

Dargestellt von Meyer und Wendel[3]). Prismatische Combinationen von $a\{10\bar{1}\}$ und $r\{100\}$.

Vollkommen spaltbar nach $s\{110\}$. Zerfließlich.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r = (100) : (010) =$ | — | $*81^\circ 54'$ |
| $s : s = (110) : (101) =$ | $51^\circ 25'$ | 51 30 |

## Doppelnitrate von drei- und einwertigen Metallen.

Während die salpetersauren Salze der zwei- und einwertigen Metalle nur schwierig in sauren Lösungen sich zu Doppelsalzen verbinden, welche außerdem durch Wasser zersetzt werden, ist die Bildung von beständigen, gut krystallisierten Doppelnitraten charakterisch für die sogenannten seltenen Erden. Diejenigen mit Kalium bzw. Ammonium bilden zweierlei Hydrate, mit $1\frac{1}{2}$ und mit 4 Mol. Wasser. **Kaliumlanthanonitrat-Hemitrihydrat** $= (NO_3)_5LaK_2 . 1\frac{1}{2}H_2O$ und **Kaliumceronitrat - Hemitrihydrat** $= (NO_3)_5CeK_2 . 1\frac{1}{2}H_2O$ krystallisieren übereinstimmend rhombisch, **Ammoniumlanthano-**, **Ammoniumcero-** und **Ammoniumdidymonitrat-Tetrahydrat** $= (NO_3)_5La(NH_4)_2 . 4H_2O$, $(NO_3)_5Ce(NH_4)_2 . 4H_2O$ und $(NO_3)_5Di(NH_4)_2 . 4H_2O$ monoklin und bilden ebenso eine isomorphe Gruppe, wie die beiden ersten Salze. Von der Didymverbindung wurde eine zweite dimorphe Modification beschrieben, es stellte sich jedoch später heraus, daß die betreffenden Krystalle einem der trigonalen Doppelsalze mit zweiwertigen Metallen, wahrscheinlich mit Eisen, angehörten (s. nächste Gruppe). Nach Wyrouboff (s. S. 155) können die optischen Eigenschaften der isomorphen Mischungen der monoklinen Tetrahydrate in sehr bequemer Weise zur Bestimmung der Zusammensetzung bei der fractionierten Krystallisation derselben, behufs Trennung der seltenen Erden, dienen.

### Kaliumlanthanonitrat-Hemitrihydrat $= (NO_3)_5LaK_2 . 1\frac{1}{2}H_2O$.

Rhombisch pyramidal.

$a : b : c = 0{,}5220 : 1 : 0{,}5712$ Fock[1]).

Die zerfließlichen, von Schmitz-Dumont im Laboratorium von Friedheim in Berlin dargestellten Krystalle zeigen $p\{111\}$ und untergeordnet $q\{011\}$ am einen Ende, am anderen nur $q\{01\bar{1}\}$.

Fig. 518.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | $*59^\circ 28'$ |
| $q : p = (011) : (111) =$ | — | *43 23 |
| $p : p = (111) : (1\bar{1}1) =$ | $42^\circ$ 9' | 42 19 |
| $p : p = (111) : (\bar{1}\bar{1}1) =$ | 101 58 | 101 49 |
| $p : q' = (111) : (0\bar{1}1) =$ | 68 23 | 68 22 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

---

1) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **22**, 89.

### Kaliumceronitrat-Hemitrihydrat = $(NO_3)_5CeK_2 . 1\frac{1}{2}H_2O$.

Rhombisch pyramidal.

$a:b:c = 0{,}5227:1:0{,}5704$ Fock[1]).

Darstellung und Form der Krystalle = vor.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *59° 24′ |
| $q:p = (011):(111) =$ | — | *43 28 |
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | 42° 9′ | 42 4 |
| $p:'p = (111):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 101 50 | 101 39 |
| $p:q' = (111):(0\bar{1}1) =$ | 68 19 | 68 12 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

### Ammoniumlanthanonitrat-Tetrahydrat = $(NO_3)_5La(NH_4)_2 . 4H_2O$.

Spec. Gew. 2,135 Kraus[2]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}2475:1:2{,}1863;\quad \beta = 112°36'$ Kraus[2]).

Das Salz wurde zuerst von Marignac[3]) dargestellt in großen schönen farb-
sen Krystallen, rhomboëderähnlichen Combinationen von $m\{110\}$ und $c\{001\}$
it den untergeordneten Formen:
111}, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $r\{10\bar{1}\}$. Dufet[4])
tersuchte ein möglichst von Didym
freites Präparat von Debray
d beobachtete dieselben Formen.
·aus[2]) erhielt von besonders reiner
rbindung, welche in dem Labo-
orium von Muthmann darge-
llt worden war, durch langsame
:dunstung einer etwas Salzsäure
haltenden Lösung Krystalle von
ierlei Habitus: 1) Fig. 519: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $r\{10\bar{1}\}$,
100}; 2) Fig. 520: $r\{10\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$.

Fig. 519.

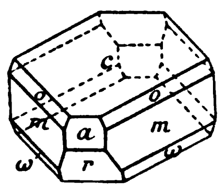
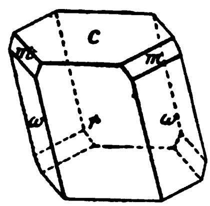



Fig. 520.




| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Marignac: | Dufet: |
|---|---|---|---|---|
| $\omega:r = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | — | *50° 43′ | 50° 40′ | 50° 36′ |
| $c:r' = (001):(\bar{1}01) =$ | 78° 32′ | * { 78 22 | 78 0 | 78 22 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 82 46 | { 82 53 | 82 24 | 82 38 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *75 27 | 75 15 | 74 56 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 98 6 | 97 49 | 98 6 | 97 33 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 81 54 | 82 8 | 81 10 | 81 48(ber.) |
| $c:o = (001):(111) =$ | 57 8 | 56 57 | 56 35 | 56 22 |
| $c:a = (001):(100) =$ | 67 24 | 67 35 | — | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | 58 21½ | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

---

2) Kraus, Zeitschr. f. Krystall. 1901, 34, 427.
3) Ch. de Marignac, Bibl. Univ. Arch. sc. phys. nat. Genève 1873, 46, 210.
res 2, 561.
4) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1888, 11, 146. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 18, 444 (Formel
Druckfehler entstellt).

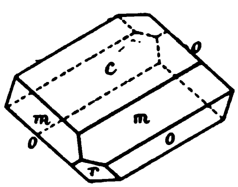
Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe den scheinbaren Winkel $21\frac{1}{2}^\circ$ im spitzen Winkel $\beta$, daher beide Axenbilder durch $c\{001\}$ sichtbar mit $2E = 19^\circ 44'$ ($Na$); $2H$ (im Glase des Adamsschen Apparates) $= 13^\circ 3'$; Dispersion stark, $\varrho > v$ (Kraus). Des Cloizeaux[5]) gibt für ein, wahrscheinlich weniger reines Präparat von Damour den Winkel der Mittellinie mit $c$ zu $10^\circ$ und $2E = 8^\circ - 10'$ an; der letztere ändert sich so stark mit der Temperatur, daß schon durch die Wärme der Hand für Violett fast die Einaxigkeit eintritt; auch die Orientierung der Mittellinie erfährt dabei eine merkliche Änderung[6]). Mischkrystalle mit dem folgenden, von Damour aus einer Lösung gleicher Mengen beider Salze erhalten, zeigten bei $0^\circ$ die Axen für Violett vereinigt, die der übrigen Farben in der Symmetrieebene mit dem größten Winkel für Rot; zwischen $0^\circ$ und $15^\circ$ tritt Einaxigkeit für Grün ein, und für Violett ist die Axenebene $\perp (010)$; bei $17\frac{1}{2}^\circ$ vereinigen sich die Axen für Rot, und über $18^\circ$ liegen die Axen für alle Farben in Ebenen senkrecht zur Symmetrieebene. Wyrouboff[7]) gibt für das reine $La$-Salz an: Winkel der 1. Mittellinie mit der Normalen zu $c\{001\}$ $32^\circ$, $2E = 23^\circ$; Dispersion deutlich, $\varrho > v$.

### Ammoniumceronitrat-Tetrahydrat $= (NO_3)_6Ce(NH_4)_2 \cdot 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}2321:1:2{,}1695; \quad \beta = 112^\circ 45' \text{ Fock}^{1)}.$$

Fig. 521.




An einem von Damour erhaltenen Präparate bestimmte Des Cloizeaux[5]) den Prismenwinkel zu $97^\circ 10'$ und $\beta$ zu $113^\circ$ und stellte die optischen Eigenschaften fest. Fock (l. c. 37) beobachtete an den von Schmitz-Dumont in Friedheims Laboratorium dargestellten Krystallen die Combination (Fig. 521): $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{11\bar{1}\}$ (entsprechend $\omega$ in den Figg. 519 und 520), $r\{10\bar{1}\}$; letzteres selten und untergeordnet. Die Krystalle sind zerfließlich und daher nur ungenau meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *97° 18' |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *75 12 |
| $r':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *78 53 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 100° 48' | 100 3 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 82 56 | 82 30 |
| $m:r = (110):(10\bar{1}) =$ | 56 44 | 57 ca. |
| $m:o' = (110):(\bar{1}11) =$ | 77 7 | 76½ ca. |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe ca. $10^\circ$ im spitzen Winkel $\beta$; $2E = 27^\circ 18'$ rot, $30^\circ 39'$ violett; horizontale Dispersion deutlich. Der Einfluß der Temperatur auf die optischen Eigenschaften ist erheblich geringer als beim vor. Salze (Des Cloizeaux[6])). Wyrouboff[7]) fand für den Winkel der 1. Mittellinie mit der Normalen zu $c\{001\}$ $33^\circ 20'$ und $2E = 36^\circ 10'$.

---

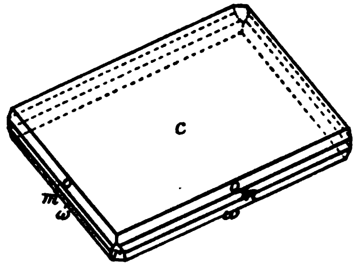
5) Des Cloizeaux, Annales d. mines 1858, (5) **14**, 402.
6) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 122 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, **18**, 632).
7) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1906, **29**, 326.

**Ammoniumdidymonitrat-Tetrahydrat** = $(NO_3)_5Di(NH_4)_2 . 4H_2O$.

Spec. Gew. 2,11 Kraus[2]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,2449:1:2,1186$;
$\beta = 113^\circ 1'$ Kraus[2]).

Fig. 522.




Zuerst von Marignac[3]) dargestellt in ein ;enig zerfließlichen Krystallen von derselben 'orm, wie das Lanthansalz (S. 153). Kraus ›eobachtete die dünntafelförmige Combina-.on Fig. 522: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $m\{110\}$, ›$\{11\bar{1}\}$, $r\{10\bar{1}\}$, manchmal auch $\pi\{11\bar{2}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $c:r' = (001):(\bar{1}01)$ = | — | *77° 56½′ | 78° 15′ |
| $r:\omega = (10\bar{1}):(11\bar{1})$ = | — | *50 36 | 50 35 |
| $c:m = (001):(110)$ = | — | *75 6 | 75 0 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11)$ = | 82° 23′ | 82 33 | 82 20 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | 98 6 | 97 56 | 98 0 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | 80 55 | 81 0 | — |
| $c:o = (001):(111)$ = | 56 20 | 56 14½ | — |
| $c:\pi' = (001):(\bar{1}12)$ = | 61 46 | 61 55 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet t der $c$-Axe ca. 20° (scheinbar) im spitzen Winkel $\beta$; $2H$ (in Glas des lamsschen Apparates) = 5° circa für $Na$; Dispersion ziemlich stark, $\varrho > v$ raus). Wyrouboff[7]) fand dagegen für das Praseodymsalz: Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie 34° z. Norm. zu $c\{001\}$ geneigt im spitzen Winkel $\beta$; ? = 38° 30′; Dispersion schwach, $\varrho < v$; — für das Neodymsalz: Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie 30° zur $\perp c\{001\}$ geneigt im spitzen Winkel $\beta$; $2E$ = ?10′, Dispersion schwach, $\varrho < v$; — und schließt daraus, daß die von aus untersuchten Krystalle in ungefähr gleichen Mengen Praseodym, Neodym l Lanthan enthielten.

## Doppelnitrate von drei- und zweiwertigen Metallen.

Hier handelt es sich um eine große isomorphe Gruppe trigonal krylisierender wasserhaltiger Doppelsalze der seltenen Erden; dieser gehören :nfalls die von Damour dargestellten Salze **Magnesium-**, **Mangano-** und **klanthanonitrat** an, welche nach Des Cloizeaux[1]) in stark negativ peltbrechenden Rhomboëdern von 70° 53′ krystallisieren. Näher unterıt sind die folgenden: **Magnesium-**, **Mangano-**, **Nickel-**, **Kobalt-** **Zinkceronitrat-Tessarakaiïkosihydrat** = $(NO_3)_{12}Ce_2Mg_3 . 24H_2O$, $_3)_{12}Ce_2Mn_3 . 24H_2O$, $(NO_3)_{12}Ce_2Ni_3 . 24H_2O$, $(NO_3)_{12}Ce_2Co_3 . 24H_2O$ und $_3)_{12}Ce_2Zn_3 . 24H_2O$, ferner **Magnesium-** und **Ferrodidymonitrat-Tessaiïkosihydrat** = $(NO_3)_{12}Di_2Mg_3 . 24H_2O$ und $(NO_3)_{12}Di_2Fe_3 . 24H_2O$, endlich

) Des Cloizeaux, Annales d. mines 1858, (5) 14, 332.

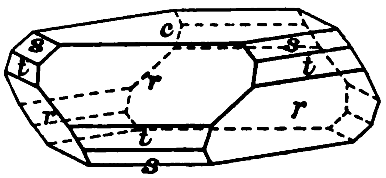
**Magnesiumgadoliniumnitrat - Tessarakaiïkosihydrat** = $(NO_3)_{12}Gd_2Mg_3 \cdot 24H_2O$. Nach Urbain und Lacombe[2]) werden die übersättigten Lösungen der analog zusammengesetzten Doppelsalze des Wismuts mit Magnesium, Mangan, Nickel, Kobalt und Zink durch die entsprechenden Salze der seltenen Erden zur Krystallisation gebracht, so daß also auch hier, wie bei den einfachen Nitraten (S. 129), eine Isomorphie der Verbindungen des Wismuts mit denen der seltenen Erden anzunehmen wäre.

**Magnesiumceronitrat - Tessarakaiïkosihydrat** = $(NO_3)_{12}Ce_2Mg_3 \cdot 24H_2O$.

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 80°43'$ ($a : c = 1 : 1,5378$ Geipel[3]).

Fig. 523.




Die von Damour erhaltenen Krystalle waren nach Des Cloizeaux[1]) Rhomboëder von 69° 40' (jedenfalls $s\{110\}$). Gleichzeitig war das Salz auch von Holzmann dargestellt und von Carius[4]) gemessen worden. Rammelsberg[5]) untersuchte durch Cerisalz gelbrot gefärbte, Geipel farblose, von Meyer und Jacoby dargestellte Krystalle der Combination (Fig. 523): $c\{111\}$, $r\{100\}$, $s\{110\}$, $t\{11\bar{1}\}$; die drei Rhomboëder sind auch von gleicher Größe oder $s$ herrscht vor; letzteres ist zuweilen durch ein vicinales Skalenoëder ersetzt.

| | Berechnet: | Beobachtet: Geipel: | Rammelsberg: | Carius: |
|---|---|---|---|---|
| $r : r = (100) : (010)$ = | 97° 59' | 97° 55' | 98° 0' | — |
| $s : s = (110) : (011)$ = | 70 12 | 70 20 | 70 14 | 70° 24' |
| $t : r = (11\bar{1}) : (100)$ = | 56 28½ | 56 24 | 56 33 | — |
| $r : c = (100) : (111)$ = | 60 37 | 60 35 | 60 40 | — |
| $s : c = (110) : (111)$ = | — | *41 36 | 41 40 | 41 52 |
| $t : c = (11\bar{1}) : (111)$ = | 74 17 | 74 32 | 74 44 | — |

Doppelbrechung negativ, ziemlich schwach.

**Manganoceronitrat - Tessarakaiïkosihydrat** = $(NO_3)_{12}Ce_2Mn_3 \cdot 24H_2O$.

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 79°38'$ ($a : c = 1 : 1,5775$ Fock[6])).

Die von Fock untersuchten Krystalle hatte Schmitz-Dumont im Laboratorium von Friedheim in Berlin dargestellt; dieselben zeigen dieselben Formen wie das vorige Salz (Fig. 523) und waren ihrer Zerfließlichkeit wegen nur ungenau meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r = (100) : (010)$ = | 98° 47' | 98° 30' |
| $s : s = (110) : (011)$ = | 71 20 | 71 30 |
| $t : r = (11\bar{1}) : (100)$ = | 56 38 | 56 31 |

2) Urbain u. Lacombe, Compt. rend. 1903, **137**, 568.
3) Geipel, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **35**, 625.
4) Carius, Journ. f. prakt. Chemie 1858, **75**, 354.
5) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1859, **108**, 436.
6) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **22**, 37.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *61° 14′ |
| $s:c = (110):(111) =$ | 42° 19½′ | 42 18 |
| $t:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 74 39 | 74 40 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ ziemlich vollkommen.
Doppelbrechung negativ.

### Nickelceronitrat-Tessarakaiīkosihydrat = $(NO_3)_{12}Ce_2Ni_3.24H_2O$.

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 79°56'$ ($a:c = 1:1{,}5667$ Fock[6]).

Carius[5]), welcher das von Holzmann dargestellte Salz untersuchte, beobachtete die Formen $c\{111\}$, $r\{100\}$ und $s\{110\}$, Fock (l. c. 35) an den von Schmitz-Dumont erhaltenen Krystallen die Combination Fig. 523, zuweilen auch mit gleich großer Entwickelung der drei Rhomboëder, und untergeordnet noch $a\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Carius: |
|---|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | 98° 34′ | 98° 26′ | — |
| $s:s = (110):(011) =$ | 71 2 | 70 55 | — |
| $t:r = (11\bar{1}):(100) =$ | 56 35 | 56 41 | — |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *61 4 | 60° 5′ |
| $s:c = (110):(111) =$ | 42 8 | 42 15 | 40 36 |
| $t:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 74 33 | 74 34 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ vollkommen.

### Kobaltceronitrat-Tessarakaiīkosihydrat = $(NO_3)_{12}Ce_2Co_3.24H_2O$.

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 79°43'$ ($a:c = 1:1{,}5742$ Fock[6]).

Die von Schmitz-Dumont dargestellten rotbraunen Krystalle sind nach Fock (l. c. 36) tafelförmige Combinationen von $c\{111\}$, mit $r\{100\}$ und $s\{110\}$ in gleicher Größe, $t\{11\bar{1}\}$ kleiner und $a\{10\bar{1}\}$ ganz untergeordnet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | 98° 43′ | 98° 36′ |
| $s:s = (110):(011) =$ | 71 15 | 70 46 |
| $t:r = (11\bar{1}):(100) =$ | 56 37 | 56 43 |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *61 11 |
| $s:c = (110):(111) =$ | 42 16 | 42 10 |
| $t:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 74 37 | 74 38 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ ziemlich vollkommen.
Doppelbrechung negativ.

### Zinkceronitrat-Tessarakaiīkosihydrat = $(NO_3)_{12}Ce_2Zn_3.24H_2O$.

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 79°54'$ ($a:c = 1:1{,}5677$ Fock[6]).

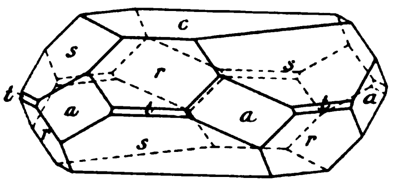
Dargestellt von Schmitz-Dumont; Fock (l. c. 36) beobachtete die Formen: $c\{111\}$, $r\{100\}$, $s\{110\}$ und $t\{11\bar{1}\}$. Etwas zerfließlich.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | 98° 35′ | 98° 32′ |
| $s:s = (110):(011) =$ | 71 4 | — |
| $t:r = (11\bar{1}):(100) =$ | 56 35½ | 56 30 |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *61 5 |
| $s:c = (110):(111) =$ | 42 9 | 41 58 |
| $t:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 74 33½ | 74 28 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ ziemlich vollkommen.
Doppelbrechung negativ.

### Magnesiumneodymonitrat-Tessarakaiikosihydrat = $(NO_3)_{12}Nd_2Mg_3 \cdot 24H_2O$.

Fig. 524.




Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 79°46'$ ($a:c = 1:1{,}5720$ Ries).

Ries (Privatmitt.) untersuchte Krystalle, welche im Laboratorium von Muthmann in München aus neutraler Lösung erhalten worden waren. Tafelförmige Combinationen (Fig. 524): $c\{111\}$, $s\{110\}$, $r\{100\}$, $a\{10\bar{1}\}$ und sehr schmal $t\{11\bar{1}\}$. Etwas hygroskopisch.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | 98° 40′ | 98° 40′ |
| $s:s = (110):(101) =$ | 71 12 | 70 44 |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *61 9 |
| $s:c = (110):(111) =$ | 42 14 | 42 13 |
| $t:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 74 34 | 74 35 |

Keine vollkommene Spaltbarkeit.
Farbe hell amethystblau. Doppelbrechung negativ, schwach.

Das Praseodymsalz zeigte die gleichen Formen, aber infolge schlechter Flächenbeschaffenheit so schwankende Winkelwerte, daß eine einigermaßen genaue Bestimmung der Elemente nicht möglich war.

### Ferrodidymonitrat-Tessarakaiikosihydrat = $(NO_3)_{12}Di_2Fe_3 \cdot 24H_2O$.

Spec. Gew. 2,257 Kraus[7]).
Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 80°8'$ ($a:c = 1:1{,}5590$ Kraus[7])).

Das Salz wurde von Kraus als eine dimorphe Modification des Ammoniumdidymonitrates (S. 152), unter welcher Bezeichnung er es aus Muthmanns Laboratorium erhalten hatte, beschrieben; durch Umkrystallisieren der anderen Form konnte er sie jedoch nicht wieder erhalten; Wyrouboff[8]), der weder von Ammoniumpraseodym- und Ammoniumneodymnitrat, noch von Mischungen derselben mit dem Lanthansalze rhomboëdrische Krystalle erhielt, machte auf die Übereinstimmung der Krystalle mit denen des Magnesiumdidymonitrates $(NO_3)_{12}Di_2Mg_3 \cdot 24H_2O$ aufmerksam, welches nach Rammelsberg[5]) vollkommen isomorph mit dem Cerosalze ist (s. auch das vorhergehende $Nd$-Salz). Daraufhin untersuchte Kraus (Privatmitt.) die von ihm gemessenen Krystalle chemisch und fand

7) Kraus, Zeitschr. f. Krystall. 1901, 34, 410.
8) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1906, 29, 327.

ırin bedeutende Mengen Eisen (zur quantitativen Analyse reichte das Material cht hin). Hiernach handelt es sich zweifellos um das Ferrodoppelsalz von ɜr obigen Formel, welches sich bei der Darstellung des Ammoniumdidymotrates einmal in geringer Menge gebildet hatte und aus der für rein gehaltenen ɔsung auskrystallisiert war. Die Krystalle zeigten die Combination: $c\{111\}$, $\{100\}$, $s\{110\}$, $t\{11\bar{1}\}$ in derselben Ausbildung, wie die Cerosalze (Fig. 523).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010)$ = | 98° 26′ | 98° 32′ |
| $t:r = (11\bar{1}):(100)$ = | 56 34 | 56 42 |
| $r:c = (100):(111)$ = | — | *60 57 |
| $s:c = (110):(111)$ = | 42 0 | 42 10 |
| $t:c = (11\bar{1}):(111)$ = | 74 29 | 74 30 |

Spaltbarkeit nach $r\{100\}$ deutlich.
Farbe rosenroth. Doppelbrechung negativ, ziemlich stark.

### Magnesiumgadoliniumnitrat-Tessarakaiïkosihydrat = $(NO_3)_{12}Gd_2Mg_3 . 24H_2O$.

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 79°36'$ ($a:c = 1:1,5786$ Ries).

Dargestellt im Laboratorium von Muthmann, gemessen von Ries (Privatmitt.). ›mbination (Fig. 524): $c\{111\}$, $s\{110\}$, $r\{100\}$, $a\{10\bar{1}\}$ und sehr schmal $11\bar{1}\}$; die aus neutraler Lösung erhaltenen farblosen und etwas hygroskopischen ystalle sind zuweilen dünntafelig.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010)$ = | 98° 48′ | 98° 48′ |
| $s:s = (110):(101)$ = | 71 23 | 70 58 |
| $r:c = (100):(111)$ = | — | *61 15 |
| $s:c = (110):(111)$ = | 42 21 | 42 21 |
| $t:c = (11\bar{1}):(111)$ = | 74 40 | 74 38 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.
Doppelbrechung negativ, schwach.

## Doppelnitrate von vier- und einwertigen Metallen.

Von **Kaliumcerinitrat** = $(NO_3)_6CeK_2$ sind durch verschiedene Autoren :i verschiedene Formen beschrieben worden, eine monokline und eine agonale; mangels genauerer Angaben über die Darstellung ist nicht zu scheiden, ob man es hier mit einer Dimorphie zu tun hat, oder ob leicht im zweiten Falle ein Hydrat vorgelegen hat. Mit der monoklinen m isomorph ist **Ammoniumcerinitrat** = $(NO_3)_6Ce(NH_4)_2$, dessen Zuımensetzung sicher festgestellt ist.

### Kaliumcerinitrat = $(NO_3)_6CeK_2$.

Dieses Salz wurde zuerst von Holzmann[1]) dargestellt und soll nach ihm Mol. $H_2O$ enthalten; Meyer und Jacoby[2]) wiesen nach, daß dasselbe

1) Holzmann, Journ. f. prakt. Chemie 1858, 75, 324.
2) Meyer u. Jacoby, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1901, 27, 370.

wasserfrei krystallisiert, aber an der Luft Wasser anzieht; ebenso Rammelsberg[3]), welcher den Gehalt an $K$ und $Ce$ bestimmte und danach das Salz als wasserfrei betrachtet; Des Cloizeaux[4]) bestimmte die Krystallform eines Präpaparates von Damour, über dessen Darstellung nichts veröffentlicht ist, als monoklin; Wyrouboff[5]) dagegen fand die Krystalle des Holzmannschen Salzes hexagonal, gibt aber nicht an, wie er dieselben erhalten hatte. Im folgenden sind die Beschreibungen der verschiedenen Autoren zusammengestellt.

A) Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}2455:1:1{,}9170$; $\beta = 91^\circ 12'$ Des Cloizeaux[4]).

Orangerote Krystalle mit den Formen $m\{110\}$ vorherrschend, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$. Häufig Zwillinge mit parallelem $b\{010\}$, nach welchem dieselben tafelförmig sind, mit $r\{101\}$ des einen Krystalles parallel $\varrho\{10\bar{1}\}$ des anderen.

| | Beobachtet: Des Cloizeaux: | Rammelsberg: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | *38° 46′ | — |
| $r:c = (101):(001) =$ | *56 9 | 56° 45′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | *57 50 | 58 15 |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung sehr stark; Axenebene $\perp b\{110\}$ und im stumpfen Winkel $r:c$ wenig gegen $r\{101\}$ geneigt; Axenwinkel sehr groß (wahrscheinlich ist die $b$-Axe 1. Mittellinie und die Doppelbrechung negativ); Dispersion der Axenebenen sehr groß.

B) Hexagonal. $a:c = 1:1{,}400$ Wyrouboff[5])

Beobachtete Formen: $m\{10\bar{1}0\}$, $s\{11\bar{2}1\}$, $t\{11\bar{2}2\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $t:m = (11\bar{2}2):(10\bar{1}0) =$ | — | *60° 4′ |
| $s:m = (11\bar{2}1):(10\bar{1}0) =$ | 45° 4′ | 45 15 |
| $t:t = (11\bar{2}2):(\bar{1}2\bar{1}2) =$ | 33 30 | — |
| $s:s = (11\bar{2}1):(\bar{1}2\bar{1}1) =$ | 48 8 | — |

Doppelbrechung positiv, mittelstark.

### Ammoniumcerinitrat = $(NO_3)_6Ce(NH_4)_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1690:1:1{,}9260$; $\beta = 90^\circ 21'$ Des Cloizeaux[4]).

Das von Damour und Deville dargestellte Salz bildet nach Des Cloizeaux (l. c. 118 bzw. 628) orangerote zerfließliche Tafeln nach $b\{010\}$ entweder mit $m\{110\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $q\{011\}$ oder außerdem mit $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $k\{012\}$; im allgemeinen Zwillinge von der Form sechsseitiger Tafeln, durch deren Mitte die Verwachsungsfläche läuft; diese entspricht $r\{101\}$ des einen, $\varrho\{10\bar{1}\}$ des anderen Krystalles; da diese beiden Ebenen mit der $c$-Axe nahe gleiche Winkel bilden, ist die Streifung von $b\{010\}$ nach [001] nahezu symmetrisch zur Verwachsungsfläche, während die Ebenen der optischen Axen in beiden Teilen des Zwillings ganz unsymmetrisch zu ihr liegen. Das Salz wurde später von Meyer und Jacoby[2]) (l. c. 360) dargestellt und analysiert; die von ihnen

3) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 371.

4) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 121 (Mém. Sav. étrang. Acad. Par. 1867, **18**, 631). Die Elemente sind hier neu berechnet.

5) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 112. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 197.

erhaltenen Krystalle sind nach Sachs[6]) (welcher sie in einer anderen Stellung beschrieben hat) ebenfalls tafelförmig nach $b\{010\}$ und zeigen die Formen: $r\{101\}$, $q\{011\}$, $l\{021\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$; dieselben zeigten fast alle Zwillingsbildung nach $r\{101\}$ (Gesetz von Des Cloizeaux?), häufig in lamellarer Wiederholung; die Messungen sind nur angenäherte.

| | Berechnet: | Beobachtet: Des Cloizeaux: | Sachs: |
|---|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | $40°\,32\frac{1}{2}'$ | $40°\,23'$ | — |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *58 30 | 117° 0' |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *59 0 | |
| $a:c = (100):(001) =$ | 89 39 | 90 0 | — |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *27 26 | 27 50 |
| $k:b = (012):(010) =$ | 46 4 | 46 24 | — |
| $l:b = (021):(010) =$ | 14 33 | — | 15 25 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 56 12 | — | — |
| $r:q = (101):(011) =$ | 76 4 | 75 36 | 72 35 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 47 44 | 47 38 | — |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 56 0 | — | — |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 76 16 | 76 20 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 47 27 | — | — |
| $c:\underline{c} = (001):(\underline{00\bar{1}}) =$ | 62 30 | — | — |
| $q:\underline{q} = (011):(\underline{0\bar{1}\bar{1}}) =$ | 27 39 | 27 58 | — |

Spaltbarkeit nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung positiv, stark; Axenebenen $\perp b\{010\}$, die für Rot bildet $2\frac{1}{4}°$, die für Gelb $22\frac{3}{4}°$ mit $a\{100\}$ im spitzen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie Axe $b$; $E = 108°\,3'$ rot, $109°\,15'$ gelb, $112°\,35'$ grün (Des Cloizeaux). Sachs fand e Schwingungsrichtungen auf $b\{010\}$ zur Axe $a$ geneigt $16°$ für $Li$, $19°$ für $Na$, $21°$ für $Tl$ und für die Axenwinkel in Öl Werte, welchen denen Des Cloizeaux' annähernd entsprechen.

## Doppelnitrate von vier- und zweiwertigen Metallen.

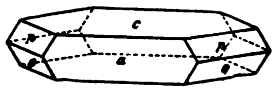
Die bisher untersuchten, hierher gehörigen Verbindungen bilden eine isomorphe Gruppe; es sind **Magnesium-** und **Zinkcerinitrat-Oktohydrat** $= (NO_3)_6CeMg.8H_2O$ und $(NO_3)_6CeZn.8H_2O$, ferner **Magnesium-, Nickel-** und **Zinkthoriumnitrat-Oktohydrat** $=(NO_3)_6ThMg.8H_2O, (NO_3)_6ThNi.8H_2O$ und $(NO_3)_6ThZn.8H_2O$. Diese Salze sind sämtlich monoklin, und wenn auch die Winkel der Zinkcerverbindung scheinbar stark abweichende Elemente ergeben (wahrscheinlich infolge der sehr unvollkommenen Meßbarkeit der Krystalle) und die beiden letzten Körper nur unvollständig bestimmt werden konnten, so ist doch an der Isomorphie derselben nicht zu zweifeln, da die vorherrschenden Formen und die charakteristische Orientierung der ersten Mittellinie bei allen übereinstimmen; wahrscheinlich besitzen sie sämtlich auch die gleiche Spaltbarkeit nach $c\{001\}$, welche aber zum Teil den Beobachtern entgangen zu sein scheint.

6) A. Sachs, Zeitschr. f. Krystall. 1901, 34, 162.

### Magnesiumcerinitrat-Oktohydrat = $(NO_3)_6CeMg.8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

Fig. 525.



$a:b:c = 1,032:1:1,586$; $\beta = 96°43'$ Geipel[1]).

Die von Meyer und Jacoby[2]) dargestellten, tief rot gefärbten Krystalle sind nach Geipel tafelförmige Combinationen (Fig. 525): $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $p\{111\}$ mit unebenen, nur angenähert meßbaren Flächen.

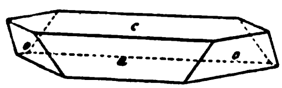
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | 83°17' | 83°24' |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *69 30 |
| $p:c = (111):(001) =$ | — | *61 44 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 84 29 | — |
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | 78 25 | — |
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 52 38 | 52° appr. |
| $p:a = (111):(100) =$ | 48 22 | 49 » |
| $o':p = (\bar{1}11):(111) =$ | — | *79 » |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp b\{010\}$; 1. Mittellinie nahe senkrecht zu $c\{001\}$; $2H$ (in Cedernholzöl) = 57°37' *Li*, 60°42' *Na*, 62°38' *Tl*.

### Zinkcerinitrat-Oktohydrat = $(NO_3)_6CeZn.8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

Fig. 526.



$a:b:c = 0,978:1:1,339$; $\beta = 100°$ circa Geipel[1]).

Dargestellt von Denselben (l. c. 374). Rote Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen $a\{100\}$ und $o\{11\bar{1}\}$ (Fig. 526). An der Luft rasch verwitternd, daher nur durch Schimmermessungen bestimmbar.

| | | |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | *80° | circa beob. |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | *68 | » » |
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | *54 | » » |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp b\{010\}$, 1. Mittellinie nahe senkrecht zu $c\{001\}$, $2H$ (in Cedernholzöl) = 37°43' *Li*, 40°44' *Na*, 43°45' *Tl*.

### Magnesiumthoriumnitrat-Oktohydrat $(NO_3)_6ThMg.8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0251:1:1,5228$; $\beta = 97°3\frac{1}{2}'$ Sachs[3]).

Die von Meyer und Jacoby[2]) (l. c. 385) aus salpetersaurer Lösung erhaltenen Krystalle sind nach Sachs rhomboëderähnliche Combinationen von $c\{001\}$ und $o\{11\bar{1}\}$ mit untergeordneten Flächen von $p\{111\}$. Sehr hygroskopisch.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *68°50' |
| $p:c = (111):(001) =$ | — | *60 45 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *83 45 |
| $o:m' = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 78°28' | 78 15 |

Doppelbrechung negativ, schwach; Axenebene $\perp b\{010\}$; durch $c\{001\}$ wurde gemessen $2H$ (in Cedernholzöl) = 36°10' *Li*, 37°5' *Na*, 37°45' *Tl*.

---

1) Geipel, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **35**, 626, 628.

2) Meyer u. Jacoby, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1901, **27**, 372.

3) Sachs, Zeitschr. f. Krystall. 1901, **34**, 163. Elemente neu berechnet, da der Verf. eine andere Stellung adoptiert hatte.

**Nickelthoriumnitrat-Oktohydrat = $(NO_3)_6ThNi.8H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0334:1:?$ Geipel[1]).

Dargestellt von Meyer und Jacoby[2]) (l. c. 387) aus salpetersaurer Lösung; die grünen, stark hygroskopischen Krystalle sind nach Geipel (l. c. 627) rhomboëderähnlich und zeigen nur die Formen $c\{001\}$ und $o\{11\bar{1}\}$, daher die Elemente nicht vollständig bestimmt werden konnten.

$o':c = (\bar{1}11):(001) = {}^*68°28'$ beob.
$o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) = {}^*83\ 54$ »

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie nahezu senkrecht zu $c\{001\}$; $2E = 26°29'$ *Li*, $26°12'$ *Na*, $24°44'$ *Tl*.

**Zinkthoriumnitrat-Oktohydrat = $(NO_3)_6ThZn.8H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0437:1:?$ Sachs[3]).

Darstellung gleich vor. (l. c. 386); Sachs (l. c. 163) beobachtete an den farblosen zerfließlichen Krystallen ebenfalls nur $c\{001\}$ (vorherrschend) und $o\{11\bar{1}\}$.

$o':c = (\bar{1}11):(001) = {}^*69°20'$ beob.
$o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) = 85\ 0$ »

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Doppelbrechung negativ, schwach; Axenebene $\perp b\{010\}$; 1. Mittellinie fast senkrecht zu $c\{001\}$; $2H$ (gemessen in Cedernholzöl) $= 19°0'$ *Li*, $19°20'$ *Na*, $19°40'$ *Tl*.

# Perchlorate, Permanganate, Perrutheniate und Perjodate.

## Wasserfreie überchlorsaure und übermangansaure Salze von einwertigen Metallen und Atomgruppen.

Den wohlkrystallisierten Perchloraten der Alkalimetalle analoge Salze mit Brom an Stelle von Chlor kommen nicht in Betracht, da die älteren Angaben über die Existenz einer Überbromsäure sich nicht bestätigt haben. Zu diesen Angaben gehört auch diejenige von Pattison Muir, welcher in einer vorläufigen Notiz[1]) anführt, daß das schwer lösliche überbromsaure Kalium isomorph mit Kaliumperchlorat und Kaliumperjodat krystallisiere. Wie aus dem Folgenden hervorgeht, sind diese beiden Salze überhaupt nicht isomorph, und die in der Literatur als mit dem Perchlorat isomorphes Perjodat $JO_4K$ beschriebenen Krystalle bestanden aus reinem Perchlorat (s. folg. S. Anmerk. [2])); dasselbe ist wahrscheinlich auch der Fall gewesen mit den von Muir untersuchten Krystallen.

1) Pattison Muir, Journ. Chem. Soc. London 1874, (2) **12**, 324.

Was die Überjodsäure betrifft, so ist das Verhalten ihrer Salze sehr verschieden von dem der überchlorsauren, und dasjenige der Säure zum Kali spricht dafür, daß dem erwähnten wasserfreien Salze die Formel $J_2O_8K_2$ zukomme, d. h. eine völlig andere Constitution, als dem Perchlorate $ClO_4K$, und dementsprechend existiert in der Tat keinerlei Beziehung zwischen den Krystallformen dieser beiden Salze und ebenso wenig zwischen anderen Salzen der Überchlorsäure und der Überjodsäure[2]).

Dagegen sind mit den Perchloraten unzweifelhaft isomorph die entsprechend zusammengesetzten Permanganate, welche daher im folgenden mit jenen vereinigt behandelt werden sollen.

Lithiumperchlorat krystallisiert nur wasserhaltig, nämlich mit 3 Mol. $H_2O$ (s. u. Hydrate); Natriumperchlorat scheidet sich allerdings aus Lösungen über 50° in wasserfreien Krystallen ab, diese sind aber nicht gemessen worden; das Gleiche gilt für die Krystalle des überchlorsauren Silbers (Mitscherlich[3]) gibt an, daß das Natriumsalz zerfließlich und die Krystallform des Silbersalzes zwar bestimmbar, aber nicht genau meßbar sei; auch eine Verbindung mit Ammoniak könne man in Krystallen erhalten). Dagegen hat Retgers[4]) das Silberperchlorat in Prismen erhalten, welche er nach ihren optischen Eigenschaften für rhombisch hielt, und nachgewiesen, daß dasselbe aus Lösungen mit $MnO_4Ag$ in gefärbten, außerordentlich stark pleochroïtischen Krystallen anschieße, also wahrscheinlich mit dem **Silberpermanganat** $= MnO_4Ag$ isomorph oder isodimorph sei; letzteres krystallisiert monoklin. Da mehrfach eine Isomorphie von Silber- und Natriumsalzen nachgewiesen ist, so gehört wahrscheinlich auch das wasserfreie $ClO_4Na$ in diese Gruppe.

Zu einer zweiten, und zwar zu einer der bekanntesten und am vollständigsten untersuchten Gruppen isomorpher Körper gehören die folgenden Salze, welche sämtlich nur in einer einzigen, rhombisch krystallisierenden Modification bekannt sind. **Kaliumperchlorat** $= ClO_4K$ und **Kaliumpermanganat** $= MnO_4K$ bilden in den verschiedensten Verhältnissen isomorphe Mischungen, welche mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen sind; es zeigte sich hierbei, daß manche dieser Krystallisationen, allerdings solche, deren Winkel nicht unbedeutende Schwankungen aufweisen, Werte der

---

2) Die einzige dem entgegenstehende Angabe ist die a. vor. S. erwähnte von Rammelsberg (Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, **134**, 370), daß »das normale überjodsaure Kali $JO_4K$« rhombisch krystallisiere und isomorph mit $ClO_4K$ sei. Diese allgemein in die Literatur übergegangene Angabe beruht auf einem Irrtume. Rammelsberg leitete Chlor in eine mit Kaliumhydroxyd versetzte heiße Lösung von Kaliumjodat und erhielt schwer lösliche Krystalle, welche die einfache Combination *cmr* des überchlorsauren Kaliums und auch ähnliche Winkel zeigten; durch den Verf. wurde auch die optische Übereinstimmung mit letzteren constatiert. Die (nicht publicierten) Messungen, welche der Verf. damals an dem Originalpräparate Rammelsbergs anstellte, lieferten jedoch Werte, welche auf 1—2′ mit denen des $ClO_4K$ übereinstimmten, und eine neuerdings vorgenommene chemische Prüfung ergab, daß die Krystalle aus reinem Kaliumperchlorat bestanden.

3) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1832, **25**, 300. M.s Ges. Schriften, 286.

4) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1891, **8**, 20. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 598.

krystallographischen Dimensionen ergaben, welche nicht zwischen den Grenzen derjenigen der Componenten lagen, während besser ausgebildete Mischkrystalle Winkel ergaben, welche einer continuierlichen Änderung der Werte von denen des Perchlorates bis zu denen des Permanganates mit der Zusammensetzung der Mischung entsprachen. Die aufgestellte Vermutung, daß das abnorme Verhalten der ersteren Mischkrystalle darauf beruhe, daß die betreffenden Messungen an Vicinalflächen angestellt worden seien, hat viel für sich, da häufig Vicinalflächen an solchen Krystallen auftreten, welche isomorphe Beimischungen, oder solchen, die fremde Pigmente in fester Lösung enthalten; systematisch angestellte Krystallisationsversuche mit derartigen Substanzen könnten vielleicht zur Erklärung der immer noch rätselhaften Erscheinung der Vicinalflächen beitragen. An die beiden genannten Salze schließen sich zunächst an: **Rubidiumperchlorat** $= ClO_4Rb$ und **-permanganat** $= MnO_4Rb$, sowie **Cäsiumperchlorat** $= ClO_4Cs$ und **-permanganat** $= MnO_4Cs$, von welchen zwar keine isomorphen Mischungen dargestellt worden sind, die aber unzweifelhaft analoges Verhalten zeigen würden, wie das erste Salzpaar; nur würden solche Mischungen zur Prüfung der Frage nach der Änderung der Winkel mit dem Gehalte der Mischung viel geeigneter sein, weil die Differenzen der Winkel zwischen dem überchlorsauren und dem übermangansauren Salze hier größer sind. Dies geht auch hervor aus den Werten der topischen Parameter, welche für einen Teil der Salze dieser Gruppe bereits vor längerer Zeit von Muthmann[5]) berechnet wurden, jedoch bezogen auf Elemente, deren $c$ die Hälfte des hier adoptierten beträgt und welche zu weniger einfachen Symbolen der Formen führen, sowie auch den Cohäsionsverhältnissen der Krystalle weniger gut entsprechen. Eine vollständige Tabelle der topischen Parameter hat neuerdings Barker[6]) gegeben:

| | Äqu.-Vol. | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ | | Äqu.-Vol. | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $ClO_4K$: | 54,91 | 3,736 | 4,788 | 6,131 | $MnO_4K$: | 58,53 | 3,856 | 4,836 | 6,278 |
| $\Delta =$ | 6,42 | 0,188 | 0,138 | 0,214 | | 4,70 | 0,176 | 0,016 | 0,186 |
| $ClO_4Rb$: | 61,33 | 3,924 | 4,926 | 6,345 | $MnO_4Rb$: | 63,23 | 4,032 | 4,852 | 6,464 |
| $\Delta =$ | 8,51 | 0,234 | 0,162 | 0,257 | | 6,78 | 0,224 | 0,049 | 0,253 |
| $ClO_4Cs$: | 69,84 | 4,158 | 5,088 | 6,602 | $MnO_4Cs$: | 70,01 | 4,256 | 4,901 | 6,717 |

Wie ersichtlich, liegen sowohl bei den Perchloraten als bei den Permanganaten die Werte des Äquivalentvolumens und ebenso diejenigen aller drei topischen Parameter für das Rubidiumsalz zwischen den entsprechenden Werten des Kalium- und des Cäsiumsalzes und zwar näher an denen des ersteren. Mit steigendem Atomgewichte des Alkalimetalls werden sämtliche topischen Parameter vergrößert, und zwar in beiden Reihen am meisten $\omega$, am wenigsten $\psi$; während aber bei den Perchloraten die Änderung von $\psi$ nicht erheblich geringer ist, als die von $\chi$, ist sie bei den Permanganaten

5) Muthmann, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **22**, 540.
6) Barker, Zeitschr. f. Krystall. 1907, **43**, 537 f.

unverhältnismäßig klein. Vergleicht man paarweise das überchlorsaure und das übermangansaure Salz des gleichen Metalles, so findet man, daß die Ersetzung des Chlors durch Mangan im Kaliumsalze alle drei Parameter vergrößert, am meisten $\omega$, am wenigsten $\psi$; dieselbe Substitution bewirkt bei dem Rubidium- und dem Cäsiumsalze ebenfalls eine Vergrößerung von $\omega$, eine etwas geringere von $\chi$, dagegen eine Verkleinerung von $\psi$, und zwar beträgt diese beim Cäsiumsalze (entsprechend der geringen Differenz der Äqu.-Vol.) fast so viel, wie die Vergrößerungen der beiden anderen Parameter zusammengenommen. **Thalloperchlorat** = $ClO_4Tl$, welches nach Stortenbeker[7]) mit $ClO_4K$ eine continuierliche Mischungsreihe bildet, steht in bezug auf Äquivalentvolumen und topische Axen am nächsten dem Rubidiumperchlorate, wie die folgenden, von Barker berechneten Werte zeigen:

$$\text{Äqu.-Vol.} = 62{,}66, \quad \chi = 3{,}996, \quad \psi = 5{,}009, \quad \omega = 6{,}261.$$

Thallopermanganat kann nicht dargestellt werden, weil die Übermangansäure das einwertige Thallium zu dreiwertigem oxydiert. Der vorliegenden isomorphen Gruppe gehören endlich noch an **Ammoniumperchlorat** = $ClO_4NH_4$ und **Ammoniumpermanganat** = $MnO_4NH_4$, denen nach Barker folgende topische Constanten zukommen:

| | Äqu.-Vol. | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ | | Äqu.-Vol. | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $ClO_4NH_4$: | 60,19, | 3,896, | 4,912, | 6,291; | $MnO_4NH_4$: | 62,13, | 3,977, | 4,871, | 6,414 |

Auch diese Werte stehen denen der entsprechenden Rubidiumsalze sehr nahe. Mischungen beider Salze stellte Groth[8]) dar und erhielt gut meßbare Krystalle mit nur einem geringen Gehalte an $MnO_4NH_4$; dieselben ergaben fast genau die Werte des reinen $ClO_4NH_4$.

Die Krystallform des Ammoniumperchlorates (wie der damit isomorphen Körper) kann insofern als eine pseudokubische aufgefaßt werden, als die Combination der drei gewöhnlichen prismatischen Formen desselben, $m\{110\}$, $r\{102\}$, $q\{011\}$, fast genau die Winkel eines Pentagondodekaëders mit dem Symbole $\{540\}$ besitzt, dessen Neigung zum Hexaëder 38° 40′ betragen würde, während die entsprechenden Winkel jener Formen sind: 38° 25′, 38° 55′, 37° 53′. In neuester Zeit bestimmte nun Slavík (Privatmitt.) die Krystallformen von **Tetramethylammoniumperchlorat** und **-permanganat** = $ClO_4N(CH_3)_4$ bzw. $MnO_4N(CH_3)_4$ als tetragonal und zwar als ausgezeichnet, pseudokubisch in der Combination $\{110\}$ $\{101\}$ fast genau mit den Winkeln des Rhombendodekaëders. Nimmt man für diese beiden Körper als ihrer Krystallstructur zugrunde liegend dasjenige Raumgitter an, welches die dichteste Anordnung in den Ebenen jener Combination besitzt, so findet man für $ClO_4N(CH_3)_4$: $\chi = \psi = 6{,}261$, $\omega = 6{,}415$; für $MnO_4N(CH_3)_4$:

7) Stortenbeker, Recueil d. trav. chim. Pays-Bas 1905, **24**, 62. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **48**, 599.

8) Groth, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, **188**, 213.

$\chi = \psi = 6{,}163$, $\omega = 6{,}210$, d. h. Werte, welche fast genau mit denjenigen von $\omega$ für $ClO_4NH_4$ und $MnO_4NH_4$ übereinstimmen.

### Silberpermanganat = $MnO_4Ag$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}4894:1:1{,}3703$; $\beta = 93^\circ 57'$ Mitscherlich[3]).

Mitscherlich (l. c. 301 bzw. 287), welcher das Salz dargestellt und gemessen hat, teilt nur die drei Fundamentalwinkel und eine Abbildung der flächenreichen Krystalle mit; nach diesen Angaben hat Rammelsberg[9]) unter Reproduction von Mitscherlichs Figur die Berechnung ausgeführt (hier ist jedoch $a$ zweimal so groß angenommen, weil dadurch die Symbole wesentlich einfacher werden). Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $n\{210\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\xi\{21\bar{1}\}$, $x\{211\}$, $s\{201\}$, $r\{101\}$, $t\{102\}$, $\tau\{10\bar{2}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *112° 7′ |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 73° 12′ | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *87 48 |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *40 48 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 44 26 | — |
| $s:c = (201):(001) =$ | 58 27 | — |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 34 | — |
| $t:c = (102):(001) =$ | 23 12 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 88 26 | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 59 42 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 57 9 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 92 24 | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 63 18 | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 60 23 | — |
| $x:x = (211):(2\bar{1}1) =$ | 64 48 | — |
| $x:a = (211):(100) =$ | 41 34 | — |
| $x:c = (211):(001) =$ | 63 47 | — |
| $\xi:\xi = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 67 50 | — |
| $\xi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 43 42 | — |
| $\xi':c = (\bar{2}11):(001) =$ | 69 7 | — |

### Kaliumperchlorat = $ClO_4K$.

Spec. Gew. 2,524 Muthmann[5]), 2,525 Barker[6]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7817:1:1{,}2792$ Groth[8]).

Die erste Bestimmung dieses Salzes rührt von Mitscherlich[3]) (l. c. 300 bzw. 286) her, welcher die Combinationen: $m\{110\}$, $r\{102\}$, $c\{001\}$ und $r\{102\}$, $q\{011\}$, $c\{011\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$ abbildete und die Messungen zweier Winkel mitteilte. Eine ausführlichere Untersuchung stellte Groth (l. c. 194) an, welcher beim langsamen Erkalten heißgesättigter Lösung die erste der von Mitscherlich beobachteten Combinationen erhielt, oft auch mit kleinen Flächen von $q\{011\}$ (Fig. 527 S. 168), bei freiwilliger Verdunstung einer kalt gesättigten Lösung Tafeln nach $c\{001\}$, begrenzt von $q\{011\}$, $r\{102\}$ und

9) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 199.

untergeordnet $o\{111\}$ (Fig. 528), oder die Combination $m\{110\}$, $r\{102\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, nach einem Flächenpaare von $m$ tafelig. Barker beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $q\{011\}$, $m\{110\}$, $r\{102\}$, $b\{010\}$, selten $o\{111\}$; Habitus meist prismatisch nach der $a$-Axe (Fig. 529); an den mehr tafeligen Krystallen fehlte $b\{010\}$. Nach Retgers[4]) (l. c. 13) zeigen die aus einem Tropfen warmer Lösung sich ausscheidenden mikroskopischen Krystalle oft nur $m\{110\}$ und $c\{001\}$.

Fig. 527.

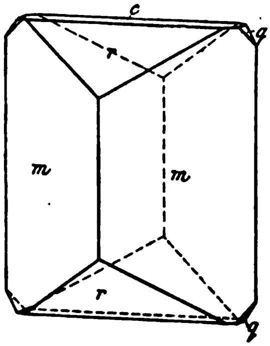



Fig. 528.

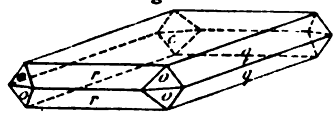
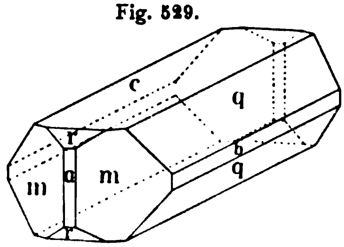



Fig. 529.




| | Berechnet: | Beobachtet: Groth: | Mitscherlich: | Barker: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *76° 2½′ | 76° 1¾′ | 76° 1′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | *78 38 | 78 40⅝ | 78 39 |
| $r:m = (102):(110) =$ | 60° 4½′ | 60 2 | — | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 103 59 | 104 1 | — | 104 3 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 60 58 | 61 2 | — | — |
| $q:r = (011):(102) =$ | 61 32 | 61 35 | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 67 28½ | — | — | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 90 31½ | — | — | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 18½ | — | — | 64 23 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $m\{110\}$ fast vollkommen, nach $r\{102\}$ in Spuren.

Doppelbrechung positiv, schwach; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, $2V = 70°—80°$ (durch $m\{110\}$ je ein Axenbild sichtbar).

## Kaliumpermanganat = $MnO_4K$.

Spec. Gew. 2,703 Muthmann, 2,709—2,710 Kopp.
Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}7972:1:1{,}2982 \text{ Muthmann}^{5})$$

Mitscherlich[3]) (l. c. 300 bzw. 286), welcher das Salz zuerst darstellte und seine Isomorphie mit dem Perchlorate erkannte, gibt nur zwei Winkelwerte an. Nach der Beschreibung von Groth[8]) (l. c. 199) sind die Krystalle stets prismatisch nach $r\{102\}$, abgestumpft durch $c\{001\}$, oft auch durch $a\{100\}$, und mit $m\{110\}$ und $q\{011\}$, nicht selten auch $o\{111\}$ an den Enden. Dieselbe Ausbildung beobachtete auch Muthmann, dessen langprismatische Krystalle an den Enden $m\{110\}$ vorherrschend, untergeordnet $q\{011\}$, $o\{111\}$ und $b\{010\}$ zeigten. Barker[6]) (l. c. 536) endlich stellte durch Messungen die neue Form $s\{122\}$ fest (s. Fig. 530).

Fig. 530.



| | Berechnet: | Beobachtet: Muthmann: | Mitscherlich: | Groth: | Barker: |
|---|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *77° 8' | 76°58½' | 77° 9' | — |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | *78 18 | 78 19⅔ | 78 18 | — |
| $r:m = (102):(110) =$ | 60°25' | — | — | — | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 104 47 | — | — | 104 49 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 60 24½ | — | — | — | — |
| $q:r = (011):(101) =$ | 61 45⅓ | — | — | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 68 23 | — | — | 68 24 | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 89 38½ | — | — | 89 38½ | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 21 | — | — | 64 22 | — |
| $o:r = (111):(102) =$ | 38 40½ | — | — | — | — |
| $s:o = (122):(111) =$ | 18 24 | — | — | — | 18°24' |
| $s:r = (122):(102) =$ | 45 11 | — | — | — | 45 12 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $m\{110\}$ vollkommen.

Nur in den dünnsten mikroskopischen Nadeln rot durchsichtig ohne bemerkbaren Pleochroïsmus (Retgers[4]) l. c. 14).

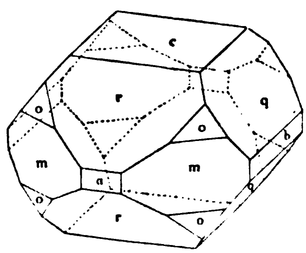
### Isomorphe Mischungen von $ClO_4K$ und $MnO_4K$.

Nachdem bereits Wöhler und Rammelsberg Mischkrystalle beider Salze dargestellt aber nicht gemessen hatten, versuchte Groth[8]) (l. c. 203), solche Mischungen zu erhalten, welche gestatteten, aus ihren optischen Eigenschaften auf diejenigen des Kaliumpermanganates zu schließen; es zeigte sich aber, daß die Mischkrystalle schon bei einem Gehalte von wenigen Procenten $MnO_4K$ undurchsichtig waren, während die rubinrot durchsichtigen Krystalle nur 0,3 % $MnO_4K$ enthielten und daher für den erwähnten Zweck unbrauchbar waren. Dagegen zeigten diese letzteren, trotzdem sie aus fast reinem Kaliumperchlorat bestanden, große Abweichungen der Winkel von denen des $ClO_4K$, und zwar so, daß die gefundenen Werte z. T. außerhalb der Grenzen der beiden Componenten der Mischung lagen; ferner traten untergeordnet noch Flächen von nicht sicher bestimmbaren anderen Bipyramiden und Prismen auf; ähnliche Verhältnisse zeigten Mischkrystalle mit 9,6 % $MnO_4K$, während solche mit 17,2 % $MnO_4K$ fast genau die Winkelwerte des reinen Kaliumperchlorates lieferten. Abweichende Resultate erhielt später Muthmann (Privatmitt.) bei der Messung von Mischkrystallen von Kaliumperchlorat und -permanganat, an denen er eine ähnliche große Abweichung von der Krystallform des reinen $ClO_4K$ nicht constatieren konnte. In neuester Zeit beschäftigte sich Barker[6]) (l. c. 541) ebenfalls mit dieser Frage; er untersuchte folgende Mischungen:

$ClO_4K$ mit 0,6 % $MnO_4K$.

$a:b:c = 0{,}7814:1:1{,}2807$ Barker.

Fig. 531.




Dicktafelige Combinationen der Formen: $c\{001\}$, $r\{102\}$, $q\{011\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$. Die Winkel sind, wie auch aus den Elementen ersichtlich, fast identisch mit denen des reinen Perchlorates; die $c$-Axe ist nur wenig größer, und zwar entspricht diese Zunahme dem Verhältnisse der Werte von $c$ bei $ClO_4K$ und $MnO_4K$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 76° 2′ | 76° 1′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | *78 40 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *104 3 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 20 | 64 21 |

$ClO_4K$ mit 1,5 % $MnO_4K$.

$a:b:c = 0{,}7817:1:1{,}2817$ Barker.

Habitus gleich der vor. Mischung, $a\{100\}$ und $b\{010\}$ fehlen jedoch oft, und einmal wurde beobachtet $s\{122\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 76° 2′ | 76° 2′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | *78 42 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *104 4 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 67 26 | 67 24 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 90 30 | 90 28 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 20 | 64 20 |
| $s:o = (122):(111) =$ | 18 29 | 18 28 |

Diese Werte entsprechen ebenfalls sehr genau der Zusammensetzung der Mischkrystalle.

$ClO_4K$ mit 3,1 % $MnO_4K$.

$a:b:c = 0{,}7822:1:1{,}2815$ Barker.

Die Krystalle (ähnlich Fig. 531) zeigten $q\{011\}$, $r\{102\}$ und $m\{110\}$ ungefähr gleich groß, $a\{100\}$, $b\{010\}$ und $o\{111\}$, welches oft fehlte, klein.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 76° 4′ | 76° 1′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | *78 39 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *104 4 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 90 26 | 90 26 |

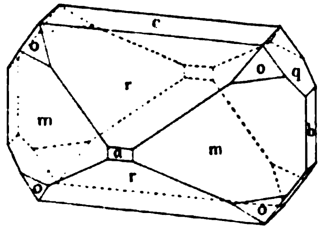
Auch diese Krystalle bieten daher normales Verhalten dar.

$ClO_4K$ mit 51,8 % $MnO_4K$.

$a:b:c = 0{,}78975:1:1{,}2907$ Barker.

Diese Mischung, deren Zusammensetzung nahe die einer Verbindung $ClO_4K.MnO_4K$ ist, zeigt die Combination Fig. 532: $r\{102\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$; auch $s\{122\}$ wurde beobachtet.

Fig. 532.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *76°36′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | 78°30′ | 78 34 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *104 28 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 90 4 | 90 10 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 21 | 64 24 |
| $s:q = (122):(011) =$ | 26 35 | 26 40 |

Diese Krystalle lieferten weniger genaue Messungen, als die vorhergehenden. Während alle Messungen von $m:m$ und $q:q$ zwischen den für die reinen Salze gültigen Grenzen lagen, ergab sich der Winkel $r:r$ bei einem Teile der Messungen größer, als 78°38′, dem Werte für $ClO_4K$. Barker vermutet, daß an den

betreffenden Krystallen die Flächen von $r\{102\}$ durch vicinale ersetzt worden seien.

$ClO_4K$ mit 95,4% $MnO_4K$.

$a:b:c = 0{,}7969:1:1{,}2985$ Barker.

Diese Mischung zeigt, ihrer Zusammensetzung entsprechend, nahezu die gleichen Winkel und auch denselben Habitus, wie das reine Permanganat (Fig. 530), nur sind die Krystalle weniger verlängert nach der $b$-Axe. Beobachtete Formen: $r\{102\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $s\{122\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *77° 6′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | 78°21′ | 78 22 |
| $r:m = (102):(110) =$ | 60 24 | 60 25 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *104 48 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 68 22 | 68 20 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 89 40 | 89 42 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 22 | 64 21 |

In Mischkrystallen, welche nur wenig $MnO_4K$ enthielten und daher noch durchsichtig waren, fand Retgers[4]) (l. c. 15) keinen bemerkbaren Pleochroïsmus.

## Rubidiumperchlorat = $ClO_4Rb$.

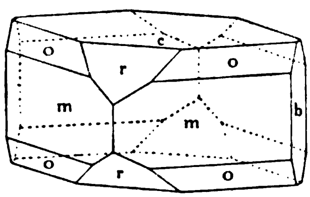
Spec. Gew. 3,011 Barker[6]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7966:1:1{,}2879$ Barker[6]).

Barker (l. c. 531) erhielt beim langsamen Abkühlen heiß gesättigter Lösung dicktafelige Krystalle ähnlich denen des Cäsiumsalzes (Fig. 534), welche nur $c\{001\}$, $m\{110\}$ und $r\{102\}$ zeigten, einmal auch die Combination (Fig. 533): $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $r\{102\}$, $b\{010\}$.

Fig. 533.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *77° 5′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | *77 54 |
| $r:m = (102):(110) =$ | 60°33′ | 60 29 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 11 | 64 11 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $m\{110\}$ vollkommen.

## Rubidiumpermanganat = $MnO_4Rb$.

Spec. Gew. 3,235 Muthmann[5]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8311:1:1{,}3323$ Muthmann[5]).

Nach Muthmann (l. c. 530), welcher das Salz darstellte, sind die Krystalle, wie die des Kaliumsalzes, prismatisch nach $r\{102\}$; an den Enden treten auf: $o\{111\}$ manchmal vorherrschend, $m\{110\}$ und $q\{011\}$; $r$ ist häufig gestreift.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 79° 27½′ | 79° 27½′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | 77 25½ | — |
| $r:m = (102):(110) =$ | 61 15 | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 106 13 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 59 15½ | — |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:r = (011):(102) =$ | 62° 4′ | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 70 22¾ | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 87 48 | 87° 47½′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 22½ | 64 22½ |
| $o:r = (111):(102) =$ | 39 22½ | — |

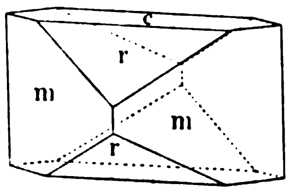
### Cäsiumperchlorat = $ClO_4Cs$.

Spec. Gew. 3,327 Barker[6]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8173:1:1{,}2976$ Barker[6]).

Barker beobachtete zwei Typen der Ausbildung: die größeren Krystalle zeigten die Combination Fig. 534: $m\{110\}$, $r\{102\}$, $c\{001\}$; die kleineren waren mehr nach der Axe $b$ verlängert und tafelig nach $c\{001\}$; selten traten auf $o\{111\}$ und $q\{011\}$.

Fig. 534.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *78° 31′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | *76 53 |
| $r:m = (102):(110) =$ | 61° 13′ | 61 14 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 104 46 | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 88 13 | 88 5 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 0 | 64 1 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $m\{110\}$ vollkommen.

### Cäsiumpermanganat = $MnO_4Cs$.

Spec. Gew. 3,597 Muthmann[5]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8683:1:1{,}3705.$

Die sehr genau meßbaren Krystalle zeigen $r\{102\}$ und $m\{110\}$ ungefähr gleich groß, manchmal auch $o\{111\}$ vorherrschend und $q\{011\}$ häufiger und größer ausgebildet, als die der übrigen Permanganate dieser Gruppe.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 81° 56′ | 81° 55′ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | 76 33½ | 76 32½ |
| $r:m = (102):(110) =$ | 62 6½ | 62 6½ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 107 46 | 107 45⅔ |
| $q:m = (011):(110) =$ | 58 1 | — |
| $q:r = (011):(102) =$ | 62 26½ | 62 26½ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 72 31 | 72 32 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 85 52 | 85 52½ |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 26 | 64 26 |
| $o:r = (111):(102) =$ | 40 28½ | 40 28½ |

### Thalloperchlorat = $ClO_4Tl$.

Spec. Gew. 4,844 Roscoe[10]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7978:1:1{,}2898$ Roscoe[10]).

Dargestellt und gemessen von Roscoe; Combination: $r\{102\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, prismatisch nach $r$.

$$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*77^\circ 10' \text{ beob.}$$
$$r:r = (102):(\bar{1}02) = {}^*77\ 54 \quad »$$

Nach Groth (unveröffentl. Beob. von 1869) stimmt das Salz auch in der Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ und der optischen Orientierung mit $ClO_4K$ überein, nur ist der Winkel der optischen Axen etwas kleiner, als der Winkel von $m\{110\}$.

## Ammoniumperchlorat = $ClO_4NH_4$.

Spec. Gew. 1,952 Barker[6]).
Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,7932:1:1,2808 \text{ Barker}^{6)}.$$

Zuerst dargestellt und gemessen von Mitscherlich[3]). Groth[8]) (l. c. 198) erhielt durch Erkalten der heißen Lösung nur die einfache Combination von $m\{110\}$ mit $c\{001\}$, selten auch mit kleinen Flächen $r\{102\}$, durch sehr langsame Verdunstung der Lösung bei gewöhnlicher Temperatur tafelförmige Krystalle mit den Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $r\{102\}$, oft auch $o\{111\}$, $a\{100\}$ und $b\{010\}$, welche aber unregelmäßig ausgebildet und nicht genau meßbar waren; aus einer gemischten Lösung mit Magnesiumperchlorat entstanden dünne Prismen $r\{102\}$, combiniert mit $c\{001\}$ und $m\{110\}$. Durch langsame Abkühlung warm gesättigter Lösung gelang es Barker (l. c. 533), besser meßbare Krystalle zu erhalten, nämlich kurze Prismen $m\{110\}$, combiniert mit $c\{001\}$, untergeordnet $r\{102\}$ und, selten und schlecht ausgebildet, $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Barker: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | $^*76^\circ 50\frac{1}{2}'$ | $76^\circ 48'$ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | $^*77\ 50$ | 77 55 |
| $r:m = (102):(110) =$ | $60^\circ 31'$ | 60 31 | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 104 2 | 104 14 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 60 32 | 60 41 | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen. Doppelbrechung positiv, Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $b$; $2E = 111^\circ 41'$ für Rot, $113^\circ 23'$ für Blau; für mittlere Farben ist $2E = 112^\circ$, $2V = 68^\circ$ und $\beta = 1,486$ (Groth l. c. 222).

## Ammoniumpermanganat = $MnO_4NH_4$.

Spec. Gew. 2,208 Muthmann[5]).
Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,8164:1:1,3168 \text{ Muthmann}^{5)}.$$

Das leicht zersetzbare Salz wurde von Mitscherlich[3]) und Groth[8]) untersucht; Letzterer beobachtete die nach der $b$-Axe langprismatische Combination: $r\{102\}$ mit $c\{001\}$ und den Endflächen $m\{110\}$, $q\{011\}$ und $o\{111\}$. Besser meßbare Krystalle erhielt Muthmann (l. c. 532) durch langsame Verdunstung einer kalten Lösung im Dunkeln; diese zeigten ebenfalls vorherrschend $r\{102\}$, ferner $m\{110\}$, untergeordnet die drei Pinakoide, endlich selten und klein $o\{111\}$ und $q\{011\}$.

---

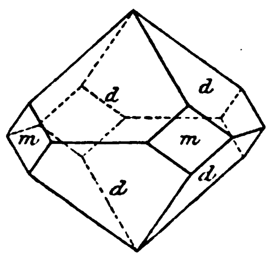
10) Roscoe, Journ. Chem. Soc. London 1866, (2) 4, 504.

| | Berechnet: | Beobachtet: Muthmann: | Mitscherlich: | Groth: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | $*78^\circ 27\frac{1}{2}'$ | $77^\circ 40'$ | $78^\circ 18'$ |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | $*77\ 46\frac{1}{4}$ | 78 0 | 77 42 |
| $r:m = (102):(110) =$ | $60^\circ 54\frac{1}{4}'$ | — | — | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | $105\ 34\frac{1}{2}$ | — | — | 105 22 |
| $q:m = (011):(110) =$ | $59\ 45\frac{1}{2}$ | — | — | — |
| $q:r = (011):(102) =$ | 61 55 | — | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | $69\ 30\frac{3}{4}$ | — | — | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | $88\ 34\frac{1}{2}$ | — | — | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 64 21 | — | — | — |
| $o:r = (111):(102) =$ | 39 10 | — | — | — |

Spaltbarkeit konnte Groth infolge der Inhomogenität der Krystalle nur nach $m\{110\}$ constatieren.

## Tetramethylammoniumperchlorat = $ClO_4N(CH_3)_4$.

Fig. 535.




Spec. Gew. 1,379 Goßner (Privatmitt.).
Tetragonal.

$a:c = 1{,}0247$ Slavík (Privatmitt.).

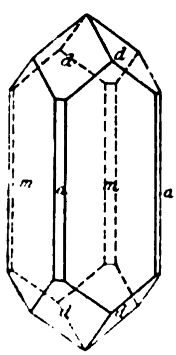
Dargestellt von Vl. Staněk. Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $d\{101\}$. Aus wässeriger Lösung bilden sich entweder prismatische Krystalle mit vorherrschendem $m$ oder solche von bipyramidalem Habitus (Fig. 535).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $d:m = (101):(110) =$ | — | $*59^\circ 36'$ |
| $d:d = (101):(011) =$ | $60^\circ 48'$ | 60 41 |
| $d:d = (101):(\bar{1}01) =$ | 91 24 | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen. Doppelbrechung negativ, mittelstark.

## Tetramethylammoniumpermanganat = $MnO_4N(CH_3)_4$.

Fig. 536.




Spec. Gew. 1,541 Goßner (Privatmitt.).
Tetragonal.

$a:c = 1:1{,}0076$ Slavík (Privatmitt.).

Dargestellt von Milbauer. Die Krystalle sind langprismatisch und zeigen außer $m\{110\}$ und $d\{101\}$ noch untergeordnet $a\{100\}$ (Fig. 536).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $d:d = (101):(011) =$ | — | $*60^\circ 15'$ |
| $d:d' = (101):(\bar{1}01) =$ | $90^\circ 26'$ | 90 8 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen.

Nur in dünnsten Spaltungsblättchen tief violett durchscheinend.

## Überruthensaure und metaüberjodsaure Salze einwertiger Metalle und Atomgruppen.

Die Perrutheniate (auch Heptarutheniate genannt) schließen sich chemisch an die Permanganate an; das einzige bis jetzt gemessene Salz, das **Kaliumperrutheniat** = $RuO_4K$, krystallisiert aber nicht rhombisch, wie Kaliumpermanganat, sondern tetragonal und sehr ähnlich dem überjodsauren Kalium, so daß eher eine Ähnlichkeit der Constitution mit diesem Salze anzunehmen ist, welches als Metaperjodat bezeichnet und durch die Formel $J_2O_8K_2$ dargestellt wird (vgl. S. 164). Dementsprechend sind auch die Formeln der folgenden Salze geschrieben, welche sämmtlich tetragonal mit sehr ähnlichen Axenverhältnissen krystallisieren:

**Lithiummetaperjodat** = $J_2O_8Li_2$,
**Natriummetaperjodat** = $J_2O_8Na_2$,
**Silbermetaperjodat** = $J_2O_8Ag_2$,
**Kaliummetaperjodat** = $J_2O_8K_2$,
**Rubidiummetaperjodat** = $J_2O_8Rb_2$,
**Ammoniummetaperjodat** = $J_2O_8(NH_4)_2$.

Mischkrystalle des Natrium- und des Ammoniumsalzes von der gleichen Krystallform gibt Eakle[1]) an erhalten zu haben, hat dieselben aber weder gemessen noch analysiert; sollte hier wirklich eine isomorphe Mischungsreihe vorhanden sein, so würde die bei einfacher zusammengesetzten Körpern nicht vorkommende isomorphe Vertretung von Natrium durch Ammonium ebenfalls für die angenommene Größe des chemischen Moleküls sprechen. Am nächsten stehen unter den obigen Salzen einander in den Winkeln die Kalium- und die Rubidiumverbindung, welche natürlich mit einander und mit dem Ammoniumsalze unzweifelhaft isomorph sind, während dies für die drei ersten Salze noch durch weitere Untersuchungen zu prüfen wäre.

Ein überjodsaures Salz von alkyliertem Ammonium ist nicht untersucht worden, dagegen eine analoge Antimonverbindung: **Tetramethylstiboniummetaperjodat** = $J_2O_8(Sb.4CH_3)_2$, welche von Westphal[2]) dargestellt wurde und nach Fock[3]) in Combinationen des regulären Oktaëders mit dem Hexaëder krystallisiert; die sehr unregelmäßig ausgebildeten Krystalle zeigen meist schwache anomale Doppelbrechung.

### Kaliumperrutheniat (Kaliumheptarutheniat) = $RuO_4K$.

Tetragonal. $a:c = 1:1,6340$ Dufet[4]).

Dargestellt von Debray und Joly[5]). Opake Bipyramiden $d\{101\}$ mit untergeordnetem $o\{111\}$.

1) Eakle, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **26**, 565.
2) Westphal, Inaug.-Dissert. Berlin 1895, 17.
3) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **25**, 348.
4) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1888, **11**, 216. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 445.
5) Debray u. Joly, Compt. rend. 1888, **106**, 1494.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 80° 56′ | 80° 56′ |
| $o:o_{,}$ | $= (111):(11\bar{1}) =$ | — | *46 48 |
| $d:d$ | $= (101):(011) =$ | 74 11 | 74 10 |
| $d:d_{,}$ | $= (101):(10\bar{1}) =$ | 62 55 | 62 58 |

### Lithiummetaperjodat = $J_2O_8Li_2$.

Tetragonal. $a:c = 1:1,5272$ Rammelsberg[6]).

Das von Rammelsberg dargestellte Salz zeigt die Comb. $o\{111\}$, $d\{101\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *79° 50′ |
| $o:o_{,}$ | $= (111):(11\bar{1}) =$ | 49° 42′ | 49 43 |
| $d:d$ | $= (101):(011) =$ | 72 32 | 72 54 |
| $d:d_{,}$ | $= (101):(10\bar{1}) =$ | 66 26 | 66 46 |

### Natriummetaperjodat = $J_2O_8Na_2$.

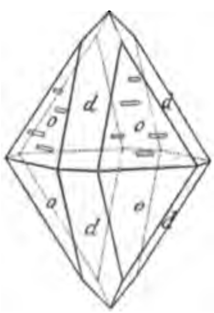
Spec. Gew. 3,865 Barker (Privatmitt.).

Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:1,5900$ Rammelsberg[6]).

Rammelsberg (l. c. 373) erhielt das wasserfreie Salz durch Umkrystallisieren des Hexahydrates (S. 178) aus Wasser, sowie aus einer Lösung mit Magnesiumperjodat, in Krystallen derselben Combination, wie das vorige Salz. Die gleichen Formen, bald $o\{111\}$, bald $d\{101\}$ vorherrschend, beobachtete auch Eakle[1]) (l. c. 573) bei der Krystallisation aus Wasser bei über 30°; die so erhaltenen, ziemlich großen Krystalle lieferten, mit Wasser geätzt, symmetrische Ätzfiguren (s. Fig. 537).

Fig. 537.




| | | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Beobachtet: Eakle: |
|---|---|---|---|---|
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *80° 30′ | 80° 30′ |
| $o:o_{,}$ | $= (111):(11\bar{1}) =$ | 47° 56′ | 47 50 | 47 58 |
| $d:d$ | $= (101):(011) =$ | 73 32 | 73 26 | — |
| $d:d_{,}$ | $= (101):(10\bar{1}) =$ | 64 20 | 64 18 | 64 30 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$.

Doppelbrechung positiv.

### Silbermetaperjodat = $J_2O_8Ag_2$.

Tetragonal. $a:c = 1:1,6318$ Rammelsberg[6]).

Dargestellt von Rammelsberg (l. c. 383) in kleinen glänzenden tetragonalen Bipyramiden $o\{111\}$, öfter auch mit $d\{101\}$; orangerot durchsichtig.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 80° 54′ | 80°—81° |
| $o:o_{,}$ | $= (111):(11\bar{1}) =$ | — | *46° 50′ |

### Kaliummetaperjodat = $J_2O_8K_2$.

Spec. Gew. 3,618 Barker.

Tetragonal. $a:c = 1:1,5534$ Barker.

Wie S. 164 Anm. [2]) gezeigt wurde, hat Rammelsberg dieses Salz zwar dargestellt, aber statt dessen die Krystalle des beigemengten Perchlorates gemessen (die

6) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, **134**, 389.

im Besitze des Verf.s befindliche Probe des Originalpräparates enthält neben den gemessenen rhombischen Krystallen auch tetragonale des Perjodates). Nach Barker (Privatmitt.), welcher die Verbindung neuerdings nach der Methode von Rammelsberg darstellte und aus heißem Wasser umkrystallisierte, bilden sich bei langsamer Abkühlung der Lösung kleine, aber glänzende Bipyramiden $o\{111\}$ mit untergeordnetem $d\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 80^\circ\ 7'$ | $80^\circ\ 7'$ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | $=$ — | $*48\ 56\frac{3}{4}$ |
| $d:d = (101):(011)$ | $= 72\ 57\frac{1}{2}$ | $72\ 58\frac{1}{2}$ |
| $d:d_{,} = (101):(10\bar{1})$ | $= 65\ 32\frac{1}{2}$ | $65\ 32$ |
| $d:o_{,} = (101):(11\bar{1})$ | $= 71\ 31\frac{1}{2}$ | $71\ 28$ |

Spaltbarkeit nicht bemerkbar.
Doppelbrechung positiv, ziemlich stark.

### Rubidiummetaperjodat = $J_2O_8Rb_2$.

Spec. Gew. 3,918 Barker (Privatmitt.).

Tetragonal. $a:c = 1:1{,}5576$ Barker.

Barker (Privatmitt.) stellte dieses Salz nach derselben Methode dar, wie das vorige; da die Jodbestimmung 0,8% zu viel und die $Rb$-Bestimmung 0,9% zu wenig ergab, enthielt das Präparat wahrscheinlich etwas Kalium. Die sehr genau meßbaren Krystalle waren etwas größer als die von $J_2O_8K_2$ und zeigten die Formen: $o\{111\}$, $d\{101\}$, ersteres meist vorherrschend, selten $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $=$ — | $*80^\circ\ 9\frac{2}{3}'$ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | $= 48^\circ 50'$ | $48\ 50$ |
| $d:d = (101):(011)$ | $= 73\ \ 1\frac{1}{2}$ | $73\ \ 1\frac{1}{2}$ |
| $d:d_{,} = (101):(10\bar{1})$ | $= 65\ 24$ | $65\ 23$ |
| $d:o_{,} = (101):(11\bar{1})$ | $= 71\ 25\frac{1}{2}$ | $71\ 25\frac{3}{4}$ |

### Ammoniummetaperjodat = $J_2O_8(NH_4)_2$.

Spec. Gew. 3,056 Barker.

Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:1{,}5211$ Barker.

Zuerst dargestellt von Rammelsberg[6]) (l. c. 379) in Krystallen der Combination $o\{111\}$, $d\{101\}$, bald das eine, bald das andere vorherrschend; diese wurden von ihm und von Groth (l. c.) gemessen. Die gleichen Formen beobachteten später auch Eakle[1]) (l. c. 573) und Barker (Privatmitt.) an dem Salze.

| | Berechnet: | Beobachtet: Barker: | Rammelsberg: | Groth: | Eakle: |
|---|---|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 79^\circ 46'$ | $79^\circ 46\frac{1}{3}'$ | $80^\circ\ 0'$ | $79^\circ 48'$ | $79^\circ 45'$ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | $= 49\ 52$ | $49\ 51\frac{1}{3}$ | $49\ 30$ | $49\ 46$ | $49\ 50$ |
| $d:d = (101):(011)$ | $=$ — | $*72\ 26$ | $72\ 43$ | — | — |
| $d:d_{,} = (101):(10\bar{1})$ | $= 66\ 38\frac{1}{2}$ | $66\ 38$ | $66\ \ 6$ | $66\ 40$ | $66\ 35$ |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen, nach $o\{111\}$ deutlich.

Ätzfiguren, mit verdünntem Alkohol erhalten, gleich denen des Natriumsalzes (Fig. 537).

Doppelbrechung positiv.

## Wasserhaltige überchlorsaure, übermangansaure und metaüberjodsaure Salze einwertiger Metalle.

**Lithiumperchlorat-Trihydrat** = $ClO_4Li.3H_2O$ krystallisiert hexagonal; wahrscheinlich damit isomorph ist **Lithiumpermanganat-Trihydrat** = $MnO_4Li.3H_2O$, welches nach Retgers[1]) mikroskopisch dünne Nadeln von dunkelviolettrother Farbe mit schwachem Pleochroïsmus und paralleler Auslöschung bildet und mit dem Perchlorat zu heller gefärbten, aber deutlich pleochroïtischen Prismen zusammenkrystallisiert. Die entsprechenden Natriumsalze krystallisieren in ähnlich aussehenden Nadeln, sind aber ihrer Zerfließlichkeit wegen krystallographisch nicht untersucht worden.

**Natriummetaperjodat-Hexahydrat** = $J_2O_8Na_2.6H_2O$ bildet das einzige bekannte Beispiel der trigonal-pyramidalen Symmetrie, und seine Eigenschaften entsprechen einer Krystallstructur, welche unter den regelmäßigen Punktsystemen Sohnckes durch das »Dreipunktschraubensystem« repräsentiert wird[2]).

### Lithiumperchlorat-Trihydrat = $ClO_4Li.3H_2O$.

Spec. Gew. 1,841 approx. Wyrouboff[3]).

Hexagonal. $a:c = 1:0{,}7039$ Lagorio[4]).

Nach Wyrouboff erhält man bei gewöhnlicher Temperatur leicht hexagonale Prismen $m\{10\bar{1}0\}$, combiniert mit $a\{11\bar{2}0\}$ und $o\{10\bar{1}1\}$. Dieselben Formen beobachtete Lagorio an Krystallen, welche Potilizyn dargestellt hatte, außerdem noch selten und sehr klein $s\{22\bar{4}3\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Lagorio: | Beobachtet: Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $o:m = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | — | *50° 53½′ | 50° 30′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 36° 46′ | 36 47 | 37 18 |

Eine leichte Spaltbarkeit gibt Wyrouboff an nach $a\{11\bar{2}0\}$, Lagorio dagegen eine unvollkommene »rhomboëdrische«.

Doppelbrechung nach Wyrouboff negativ, stark, nach Lagorio positiv.

### Natriummetaperjodat-Hexahydrat = $J_2O_8Na_2.6H_2O$.

Spec. Gew. 3,219 Barker (Privatmitt.).

Trigonal pyramidal.

$$\alpha = 94°8' \quad (a:c = 1:1{,}0942 \text{ Eakle}^{5)}).$$

Das Salz wurde zuerst von Rammelsberg[6]) beschrieben und zwar in zwei Arten der Ausbildung: 1) vorherrschend $r\{100\}$ und $c\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, untergeordnet: $d\{110\}$, $e\{11\bar{1}\}$, $\varrho\{\bar{1}00\}$, $\varepsilon\{1\bar{1}\bar{1}\}$; 2) vorherschend $e\{11\bar{1}\}$, $c\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, untergeordnet: $r\{100\}$, $d\{110\}$, $\varrho\{\bar{1}00\}$, $\varepsilon\{1\bar{1}\bar{1}\}$, außerdem an Krystallen beider Typen einzelne kleine Flächen von $a\{10\bar{1}\}$. An von Demselben dargestellten Krystallen wurde von Ulrich (Privatmitt. an Rammelsberg) die Drehung der Polarisationsebene

1) Retgers, Zeitschr. f. physik. Chemie 1891, 8, 19. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 22, 598.
2) Groth, Physikal. Krystallographie, 4. Aufl., Leipzig 1905, 286 u. 453.
3) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1883, 6, 62. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 10, 626.
4) Lagorio, Zeitschr. f. Krystall. 1889, 15, 80.
5) Eakle, Zeitschr. f. Krystall. 1896, 26, 562.
6) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 148.

entdeckt und von Groth[7]) die Symmetrie der Formen und deren Beziehung zum Sinne der Drehung festgestellt. Letzterer beobachtete die Combinationen: $r\{100\}$, $c\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, $e\{11\bar{1}\}$, $s\{201\}$ (Fig. 538 und 539); $r\{100\}$, $c\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, $d\{110\}$, $e\{11\bar{1}\}$, $z\{504\}$ (Fig. 540); $r\{100\}$, $c\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, $e\{11\bar{1}\}$, $t\{\bar{1}85\}$ (Fig. 541). Die in den beiden letzten Figuren abgebildeten Krystalle sind linksdrehende; an rechtsdrehenden treten an denselben Kanten die negativen linken trigonalen Pyramiden $z$ bzw. $t$ auf. Selten Zwillinge nach $r\{100\}$. Später beschrieb Groth[8]) auch Zwillinge, in denen je ein rechts- und linksdrehender Krystall, symmetrisch zu $a\{10\bar{1}\}$, nach $c\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ verwachsen sind. Eingehende Untersuchungen über die Krystallisation des Salzes stellte Eakle an. Er erhielt aus wässeriger Lösung stets Krystalle mit vorherrschendem $r\{100\}$ (1. Typus Rammelsbergs), dagegen aus salpetersaurer Lösung, welche also $NO_3Na$ enthielt, anfangs zwar ebensolche,

Fig. 538.

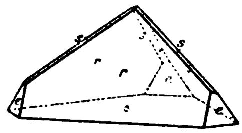


Fig. 539.

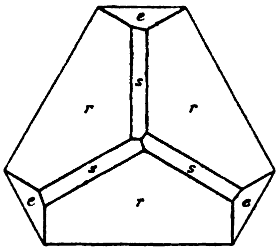


Fig. 540.

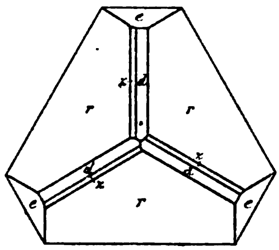
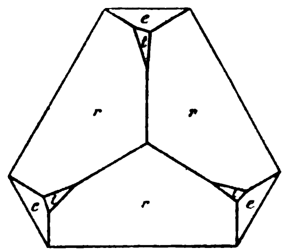


Fig. 541.



bei weiterer Anreicherung an Nitrat jedoch Combinationen des 2. Typus (Fig. 542), an welchen häufig auch $c\{111\}$ auftrat und durch die Entwickelung von $e$ als Hexagon ausgebildet erschien; auffallenderweise waren die so neben einem großen Überschusse an $NO_3Na$ entstehenden Krystalle fast ausschließlich linksdrehende, während sich beim Umkrystallisieren aus Wasser ungefähr gleich viel rechte und linke Krystalle bilden. Die von Eakle untersuchten Krystalle des

Fig. 542.

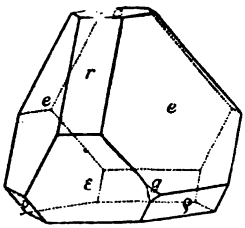


Fig. 543.

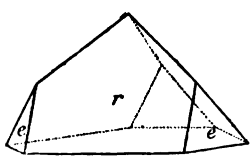
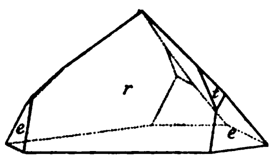


Fig. 544.



1. Typus zeigten, wenn sie bei 10° entstanden waren, die Combinationen (Fig. 543) von $r\{100\}$, $c\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ und $e\{11\bar{1}\}$, zuweilen (Fig. 544) mit einer (an rechtsdrehenden Krystallen) positiven trigonalen Pyramide $t$, deren gerundete Flächen nur angenähert die Bestimmung des Symbols $\{83\bar{1}\}$ (also verschieden von $t$ in Fig. 541) gestatteten; die schönsten und flächenreichsten Krystalle erhielt Eakle bei ca. 18°; außer $r\{100\}$, $c\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, $e\{11\bar{1}\}$, $\varepsilon\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $\varrho\{\bar{1}00\}$ zeigten sie: $d\{110\}$,

7) Groth, Mon.-Ber. Akad. Berlin 1869, 141; Poggendorffs Ann. d. Phys. 1869, **137**, 433.
8) Groth, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1876, **158**, 223.

$s\{201\}$, $z\{801\}$ und $h\{211\}$ mit gerundeten Flächen (Fig. 545); an einigen linksdrehenden Krystallen wurde auch $a\{10\bar{1}\}$ und $v\{1\bar{3}\bar{1}\}$ beobachtet (Fig. 546)

Fig. 545.

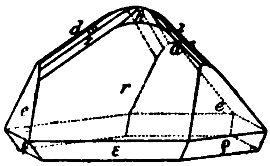



Fig. 546.

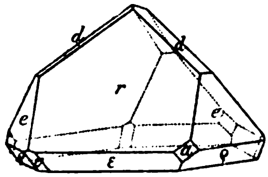
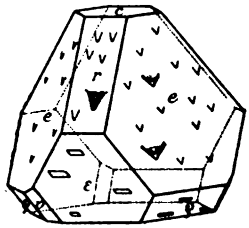



Fig. 547.




und an einem des 2. Typus eine Fläche von $g\{10\bar{2}\}$ (Fig. 542); sehr häufig ist $v\{1\bar{3}\bar{1}\}$ an den Krystallen mit vorherrschendem $e\{11\bar{1}\}$ (Fig. 547).

| | | Berechnet: | Beobachtet: Eakle: | Rammelsberg: | Groth: | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $r:r$ | $=(100):(010)=$ | — | *85° 34′ | 85° 40′ | — | |
| $c:r$ | $=(111):(100)=$ | 51° 39′ | 51 39 | 51 42 | — | |
| $c:d$ | $=(111):(110)=$ | 32 18 | 32 18 | — | — | |
| $c:e$ | $=(111):(11\bar{1})=$ | 68 25 | 68 25 | 68 27 | — | |
| $r:e$ | $=(100):(11\bar{1})=$ | 53 39 | 53 41 | 53 36 | — | |
| $r:h$ | $=(100):(211)=$ | 34 7 | 34 14 | — | — | |
| $r:z$ | $=(100):(801)=$ | 7 0 | 7 5 | — | 6° | circa |
| $r:s$ | $=(100):(201)=$ | 25 38 | 25 30 | — | 26 | circa |
| $r:t$ | $=(100):(83\bar{1})=$ | 21 48 | 21 54 | — | — | |
| $e:e$ | $=(11\bar{1}):(1\bar{1}1)=$ | 107 17 | 107 18 | 107 17 | — | |
| $e:'r$ | $=(11\bar{1}):(001)=$ | 120 4 | 120 7 | — | — | |
| $e:t$ | $=(11\bar{1}):(83\bar{1})=$ | 37 43 | 37 8 | — | — | |
| $v:\varepsilon$ | $=(1\bar{3}\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})=$ | 29 19 | 29 32 | — | — | |
| $v:\varrho$ | $=(1\bar{3}\bar{1}):(0\bar{1}0)=$ | 24 20 | 24 15 | — | — | |
| $t:r$ | $=(83\bar{1}):(0\bar{1}0)=$ | 64 46 | 64 39 | — | — | |
| $g:c_{,}$ | $=(10\bar{2}):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})=$ | 73 20 | 73 15 | — | — | |
| $g:\varrho$ | $=(10\bar{2}):(00\bar{1})=$ | 27 25 | 27 37 | — | — | |
| $g:\varepsilon$ | $=(10\bar{2}):(1\bar{1}\bar{1})=$ | 38 55 | 39 25 | — | — | |
| $t_1:c_{,}$ | $=(\bar{1}85):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})=$ | 140 40 | — | — | 138 42′ | approx. |
| $t_1:r$ | $=(\bar{1}85):(100)=$ | 31 1 | — | — | 32 22 | approx. |
| $t_1:'r$ | $=(\bar{1}85):(001)=$ | 55 16 | — | — | 53 51 | approx. |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ätzung durch Wasser oder verdünnte Lösung (bzw. Erhöhung der Temperatur der Lösung mit den Krystallen) erzeugt nach Eakle auf allen Flächen regelmäßige Corrosionsfiguren; die auf $c'\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ sind Trigone erster, zweiter oder dritter Art; die auf den übrigen Flächen sind aus Fig. 547 zu ersehen.

Doppelbrechung positiv, ziemlich schwach. Drehung der Polarisationsebene für 1 mm nach Groth:

| Linie: | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|
| | 19,4° | 23,3° | 28,5° | 34,2° | 47,1°. |

Die Piëzo- und Pyroëlektricität wurde von Hankel und Lindenberg[9]) an Krystallen des 2. Typus, mit den Formen $c\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, $e\{11\bar{1}\}$, $r\{100\}$, $d\{110\}$,

9) Hankel u. Lindenberg, Abhandl. math.-phys. Kl. k. Ges. Wiss. Leipzig 1894, 21, 10. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 27, 516.

$s\{201\}$, $\varepsilon\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $c\{111\}$, $a\{10\bar{1}\}$, untersucht; nach dem Erwärmen auf 60° zeigte sich beim Abkühlen auf $c\{111\}$ negative, auf $c'\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ positive Elektricität, die Flächen von $e\{11\bar{1}\}$ waren positiv, die von $\varepsilon\{1\bar{1}\bar{1}\}$ negativ; die gleiche Polarität bewirkte ein Druck in der Richtung der Hauptaxe bezw. senkrecht zu $e$. Hieraus folgt, daß die Hauptaxe eine elektrische Axe ist mit dem analogen Pole an $c\{111\}$ und daß außerdem drei zu ihr gleich geneigte elektrische Axen, deren antiloge Pole in den Flächen von $e\{11\bar{1}\}$ liegen, vorhanden sind.

## Saure Salze der fünfbasischen Überjodsäure mit einwertigen Metallen.

Die Überjodsäure $JO(OH)_5$ bildet sowohl normale, als besonders saure Salze. Von den letzteren sind folgende gemessen worden: **Diammoniumperjodat** $= JO_6(NH_4)_2H_3$, einer der wenigen Repräsentanten der rhomboëdrischen Symmetrieklasse, **Diargentoperjodat** $= JO_6Ag_2H_3$, welches ebenfalls trigonal, aber mit merklich abweichendem Rhomboëderwinkel, krystallisiert, und das trikline **Dikaliumperjodat-Trihydrat** $= JO_6K_2H_3 . 3H_2O$. Von Interesse wäre es für die Kenntnis der Überjodsäure, wenn es gelänge, die Krystallform des schwerlöslichen Natriumsalzes $JO_6Na_2H_3$ und dessen Isomorphie mit dem Silbersalze festzustellen, weil das erstere erst über 200° Wasser abgibt, während das Diargentoperjodat bis 100° bereits den Wassergehalt verliert und daher als krystallwasserhaltiges Perjodat von der Formel $J_2O_9Ag_4 . 3H_2O$ aufgefaßt worden ist.

**Diammoniumperjodat** (saures überjodsaures Ammonium) $= JO_6(NH_4)_2H_3$.

Rhomboëdrisch.

$\alpha = 78°38'$ ($a : c = 1 : 1{,}6118$ Eakle[1])).

Das Salz bildet sich nach Rammelsberg[2]) aus wässeriger Lösung bei großem Ammoniaküberschusse; an den von ihm dargestellten Krystallen beobachtete Groth (unveröffentl. Beob. von 1868) die Combination: $r\{100\}$, $c\{111\}$, $d\{11\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$ und in der Zone der letzteren, zwischen ihnen gelegen, ein nicht meßbares Rhomboëder 3. Art. Eakle erhielt durch langsame Verdunstung einer solchen Lösung bei 10° zuerst die einfache Combination $r\{100\}$, $c\{111\}$,

Fig. 548.

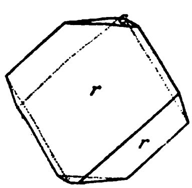



Fig. 549.

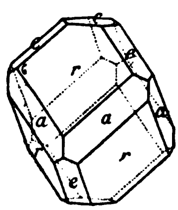



Fig. 550.

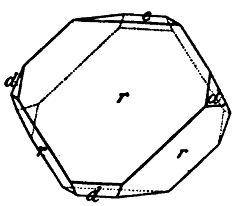
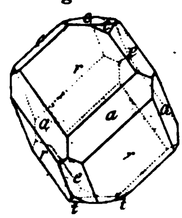



Fig. 551.




tafelförmig nach einem Flächenpaare von $r$ (Fig. 548), später Krystalle der beiden Combinationen Fig. 549 mit $e\{110\}$ und $a\{10\bar{1}\}$, Fig. 550 mit $d\{11\bar{1}\}$, und Übergänge zwischen beiden Typen, ferner traten auch gerundete Flächen eines rechten Rhomboëders 2. Art $t\{321\}$ (Fig. 551), seltener das entsprechende linke,

1) Eakle, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **26**, 574.

2) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, **134**, 381.

auf; nahm der Ammoniakgehalt der Lösung durch Verdunstung stark ab, so wurden die Krystalle tafelig nach $c\{111\}$, die Formen $a\{10\bar{1}\}$, $e\{110\}$, $t\{321\}$ erschienen besser ausgebildet und vereinzelt wurden auch Flächen von Rhomboëdern 3. Art, nämlich $g\{20\bar{1}\}$ und $h\{10\bar{3}\}$, beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: Eakle: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $c:r = (111):(100)$ | = — | *61° 45′ | 61° 42′ |
| $c:e = (111):(110)$ | = 42° 56′ | 43 6 | 42 28 |
| $c:t = (111):(321)$ | = 28 15 | 28 10 | — |
| $r:r = (100):(010)$ | = 99 28 | 99 28 | 99 35 |
| $r:a = (100):(10\bar{1})$ | = 40 17 | 40 14 | — |
| $r:e = (100):(110)$ | = 49 44 | 49 45 | 49 50 |
| $r:e' = (100):(011)$ | = 75 19 | 75 18 | — |
| $r:d = (100):(11\bar{1})$ | = 56 45 | 56 40 | — |
| $r:g = (100):(20\bar{1})$ | = 24 30 | 24 37 | — |
| $,r:h = (00\bar{1}):(10\bar{3})$ | = 17 19 | 17 0 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$.

Doppelbrechung positiv, schwach.

Ätzfiguren auf $c\{111\}$, mit Alkohol erhalten, Trigone 1. Art; durch Temperaturerhöhung der Lösung entstehen Trigone 2. Art (Eakle).

## Diargentoperjodat (saures überjodsaures Silber) = $JO_6Ag_2H_3$.

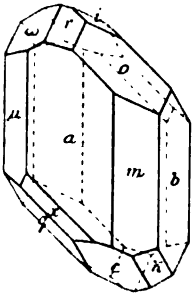
Trigonal. $\alpha = 67° 38'$ ($a:c = 1:2,0653$ Rammelsberg[3])).

Rammelsberg[2]) (l. c. 384) erhielt aus salpetersaurer Lösung gelbgefärbte spitze Rhomboëder $r\{100\}$ mit untergeordneten Abstumpfungen durch $c\{111\}$ und $e\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010)$ | = — | *106° 0′ |
| $e:e = (110):(101)$ | = 83° 8′ | — |
| $r:c = (100):(111)$ | = 67 15 | 67 27 |
| $e:c = (110):(111)$ | = 50 1 | 50 15 |

## Dikaliumperjodat-Trihydrat (saures überjodsaures Kalium) = $JO_6K_2H_3 . 3H_2O$.

Fig. 552.



Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,6763:1:0,7125$ Groth[4]).

$\alpha = 97° 47\frac{1}{2}'$, $\beta = 57° 35'$, $\gamma = 90° 12'$.

Dargestellt von Rammelsberg[2]) (l. c. 371), welcher es als $J_2O_9K_4 . 9H_2O$ betrachtet. Die flächenreichen, schön ausgebildeten Krystalle (Fig. 552) zeigen die Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $c\{00\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $\varkappa\{01\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $x\{3\bar{1}\bar{1}\}$, $i\{112\}$, von denen $c$, $i$, $q$ und $q$ zuweilen fehlen. Häufig Zwillinge nach $b\{010\}$, manchmal sehr unsymmetrisch, indem ein Krystall die Gestalt einer von $(110)$, $(111)$, $(\bar{1}00)$ und $(\bar{1}0\bar{1})$ gebildeten Pyramide hat, an deren Basis links

3) Rammelsberg, Die neuesten Forsch. i. d. krystallogr. Chemie, Leipzig 1857, 73.

4) Groth, mitgeteilt durch Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, **134**, 536.

der andere tafelförmig nach der Zwillingsebene angelagert ist; zuweilen enthalten die prismatischen Krystalle auch Zwillingslamellen nach $b\{010\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: Groth: | Beobachtet: Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $m:a$ | $= (110):(100) =$ | — | *31° 5½′ | 31° 0′ |
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | — | *63 39 | 63 12 |
| $\mu:a$ | $= (1\bar{1}0):(100) =$ | 28° 43½′ | 28 42½ | 28 34 |
| $a:c$ | $= (100):(00\bar{1}) =$ | 57 16½ | — | — |
| $b:c$ | $= (010):(00\bar{1}) =$ | 99 7 | — | — |
| $q:b$ | $= (011):(010) =$ | 52 25 | 52 32 | 52 27 |
| $\varkappa:b$ | $= (01\bar{1}):(010) =$ | 65 50 | 66 12 | 65 45 |
| $r:a$ | $= (101):(100) =$ | 59 7 | 59 8 | 58 35 |
| $m:c$ | $= (110):(00\bar{1}) =$ | 66 10 | 66 5 | — |
| $o:m$ | $= (111):(110) =$ | 50 25 | 50 31 | — |
| $i:o$ | $= (112):(111) =$ | 28 41 | 28 49 | — |
| $\mu:c$ | $= (1\bar{1}0):(00\bar{1}) =$ | 58 4 | — | — |
| $o:b$ | $= (111):(010) =$ | — | *55 26 | 55 2 |
| $\omega:b'$ | $= (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 61 34 | 61 27 | 61 24 |
| $r:b$ | $= (101):(010) =$ | — | *85 47 | 85 34 |
| $o:a$ | $= (111):(100) =$ | — | *67 33 | 66 38 |
| $o:q$ | $= (111):(011) =$ | 50 44 | 50 46 | 50 40 |
| $x:a$ | $= (3\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | 16 25 | 17 2 | — |
| $\varkappa:a$ | $= (01\bar{1}):(100) =$ | 63 1½ | — | — |
| $\omega:a$ | $= (1\bar{1}1):(100) =$ | 60 11 | 60 10 | 60 28 |
| $q:\mu$ | $= (0\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 45 59 | 46 17 | — |
| $r:q$ | $= (101):(011) =$ | 67 16 | 67 20½ | — |
| $r:\varkappa'$ | $= (101):(0\bar{1}1) =$ | 68 17½ | 68 7 | — |
| $i:a$ | $= (112):(100) =$ | 92 41 | — | — |
| $x:c$ | $= (3\bar{1}\bar{1}):(00\bar{1}) =$ | 43 57 | — | — |
| $o:\underline{o}$ | $= (111):(\underline{\bar{1}\bar{1}\bar{1}}) =$ | 69 8 | 69 15 | — |
| $a:\underline{a}$ | $= (100):(\underline{\bar{1}00}) =$ | 9 29 | 9 24 | 9 25 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung ziemlich stark; die Axenebene bildet mit $a\{100\}$ 60°—70°, mit $o\{111\}$ höchstens 10°, die 1. Mittellinie mit der Normalen zu $a\{100\}$ ca. 10°, mit der zu $o\{111\}$ ca. 105°; aus der Messung $2H_a = 78°30'$ und $2H_o = 105°$ folgt $\beta = 1{,}501$ und $2V = 77°10'$ für mittlere Farben; Dispersion der Axen gering, aber deutlich unsymmetrisch.

## Perchlorate, Permanganate und Perjodate zweiwertiger Metalle.

Von **Bleiperchlorat** $= (ClO_4)_2Pb$ existiert eine Bestimmung, nach welcher dasselbe rhombisch ist; da die Messungen aber z. T. starke Abweichungen zeigen, da ferner alle Angaben über Ausbildung, Spaltbarkeit und optische Eigenschaften fehlen, so bedarf der Körper jedenfalls nochmaliger Untersuchung, ohne welche auch keine Entscheidung darüber getroffen werden kann, ob er mit dem rhombisch krystallisierenden **Baryumpermanganat** $= (MnO_4)_2Ba$ isomorph ist.

**Baryumperchlorat-Tetrahydrat** $= (ClO_4)_2Ba \cdot 4H_2O$ krystallisiert hexagonal. **Strontiummetaperjodat-Hexahydrat** $= J_2O_8Sr \cdot 6H_2O$ bildet un-

genau meßbare Krystalle, von denen es zweifelhaft ist, ob sie monoklin oder triklin sind; eine optische Untersuchung derselben liegt nicht vor.

Von sauren Salzen der fünfbasischen Überjodsäure existieren nur approximative Bestimmungen: **Monocadmiumperjodat-Trihydrat** $= JO_6CdH_3.3H_2O$ »scheint« nach Rammelsberg[1]) rhombisch zu sein, unter den Messungen fehlen aber die hierfür entscheidenden, ebenso wie die optische Untersuchung; **Monomagnesiumperjodat-Hexahydrat** $= JO_6MgH_3.6H_2O$ bildet nach Demselben (l. c. 499) kleine, wahrscheinlich monokline Prismen $m\{110\}$ combiniert mit $b\{010\}$ und $c\{001\}$; $m:m = (110):(1\bar{1}0) = 64°$, $m:c = (110):(001) = 86°$; endlich stellte Rammelsberg (l. c. 514) noch ein Nickelsalz dar, für welches er die Formel $J_8Ni_7O_{35}.49$(oder $63)H_2O$ angibt; dasselbe bildet rechtwinkelig vierseitige Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$ mit zwei Endflächen $r\{101\}$ und $\varrho\{\bar{1}01\}$; $a:r = (100):(101) = 61°30'$—$61°40'$, $r:\varrho = (101):(\bar{1}01) = 56\frac{1}{2}°$; der Körper ist möglicherweise dem Magnesiumsalze entsprechend zusammengesetzt, also **Mononickelperjodat-Hexahydrat** $= JO_6NiH_3.6H_2O$.

Sehr nahe der Formel eines wasserfreien sauren Salzes der fünfbasischen Überjodsäure, nämlich $JO_6PbH_3$, entspricht die Zusammensetzung einer Verbindung, welche Marignac[2]) als **Basisches Bleiperchlorat-Dihydrat** $= (ClO_4)_2Pb_2O.2H_2O$ betrachtet; er erhielt dieselbe aus einer Lösung von Bleicarbonat in einer solchen von Bleiperchlorat, und zwar in zwei monoklinen Modificationen A und B, die zuweilen neben einander entstehen, und von welchen die Lösung der einen manchmal die gleiche, manchmal die andere liefert; Rammelsberg[3]) erhielt auf dieselbe Art eine dritte rhombische Form C, welche er aber nicht analysiert hat; endlich beobachtete Marignac (l. c. 261 bzw. 403) die zufällige Bildung ebenfalls rhombischer Krystalle aus einer Lösung von basischem Bleiperchlorat; da er in diesen auch nach dem Umkrystallisieren einen kleinen Kaliumgehalt fand, schreibt er ihnen die Formel $7(ClO_4)_2Pb_2O.ClO_4K.3H_2O$ zu. Diese Krystalle, in der unten folgenden Beschreibung mit D bezeichnet, sind nun wahrscheinlich mit den von Rammelsberg beobachteten identisch, denn die Form $q$ der letzteren hat denselben Winkel, wie $m$ der Marignacschen Krystalle; dann wären die Formen $s$ beider die gleichen (Winkeldifferenz $1°53'$), alle anderen Formen des einen Körpers aber durch sehr einfache Zeichen auf die des anderen zurückzuführen. Selbstverständlich bedürfen diese Substanzen einer erneuten und vollständigeren Untersuchung.

### Bleiperchlorat $= (ClO_4)_2Pb$.

Rhombisch bipyramidal (?).

$a:b:c = 0{,}7668:1:1{,}0904$ Rammelsberg[3]).

---

1) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, **134**, 517.
2) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, **14**, 260 f. Oeuvres **1**, 402 f.
3) Rammelsberg, Handb. d. kryst.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 318.

Nach Rammelsberg (l. c. 316) zeigen die Krystalle die Formen: $x\{121\}$, $o\{111\}$, $y\{112\}$, $n\{120\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$. Die Messungen stimmen nicht gut, und für $a:b = (100):(010)$ wurde gefunden 88° 15'—88° 30'.

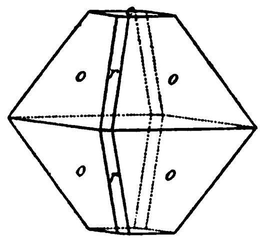
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *64° 12' |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *60 50 |
| $x:c = (121):(001) =$ | 68° 59' | 68 45 |
| $y:c = (112):(001) =$ | 41 51 | 43 18 |
| $n:b = (120):(010) =$ | 33 6 | 32 42 |

### Baryumpermanganat = $(MnO_4)_2Ba$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}6214:1:1{,}2365$ Eakle[4]).

Fig. 553.




Kleine, tief violblaue, fast undurchsichtige Krystalle der Combination (Fig. 553): $o\{111\}$, $c\{100\}$, $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:o = (001):(111) =$ | — | *66° 53' |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *58 5 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 102° 44' | 102 45 |

Spaltbarkeit vollkommen nach $c\{001\}$.

### Baryumperchlorat-Tetrahydrat = $(ClO_4)_2Ba \cdot 4H_2O$.

Hexagonal. $a:c = 1:1{,}3251$ Marignac[2]).

Marignac (l. c. 258 bzw. 401) erhielt aus wässeriger Lösung lange dünne Prismen $m\{10\bar{1}0\}$ mit $o\{10\bar{1}1\}$ am Ende, aus alkoholischer kurzprismatische Krystalle der Combination: $m\{10\bar{1}0\}$, $i\{10\bar{1}2\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 49° 29' | — |
| $o:m = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | 33 10 | 33° 0' |
| $i:i = (10\bar{1}2):(01\bar{1}2) =$ | 35 22 | — |
| $i:m = (10\bar{1}2):(10\bar{1}0) =$ | — | *52 35 |

Doppelbrechung negativ, sehr schwach nach Wyrouboff[5]).

### Strontiummetaperjodat-Hexahydrat = $J_2O_8Sr \cdot 6H_2O$.

Triklin?.

Dargestellt von Rammelsberg[1]) (l. c. 402), nach welchem die nicht genau meßbaren Krystalle sechsseitige Prismen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, manchmal nach $b$ tafelig, mit den Endflächen $c\{001\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$ und einer schmalen Fläche $x$ $\{11\bar{l}\}$ zwischen $\{11\bar{1}\}$ und $\{00\bar{1}\}$, sind.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | 36° 20'—37° 30' |
| $m:b = (110):(010) =$ | 71 45 —72 15 |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | 71 15 —72 0 |
| $b:c = (010):(001) =$ | 87 30 —89 30 |
| $o:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 59 30 —61 15 |
| $\omega:b' = (1\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}0) =$ | 53 0 —54 30 |

4) Eakle, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **26**, 587.
5) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1883, **6**, 64.

| | | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:\omega$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 61° 0′—62° 0′ |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | 35 10 |
| $o:m$ | $= (11\bar{1}):(110) =$ | 61 30 |
| $o':c$ | $= (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 81 50 |
| $\mu:c$ | $= (1\bar{1}0):(001) =$ | 36 50 —37 45 |
| $x:c'$ | $= (1\bar{1}\bar{2}):(00\bar{1}) =$ | 30 45 —31 15 |
| $\omega:c'$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(00\bar{1}) =$ | 78 0 —80 45 |
| $x:\omega$ | $= (1\bar{1}\bar{2}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 15 |
| $x:\mu$ | $= (1\bar{1}\bar{2}):(1\bar{1}0) =$ | 67 15 —69 0 |
| $\omega:\mu$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 62 15 —63 15 |

**Monocadmiumperjodat-Trihydrat** (saures überjodsaures Cadmium) = $JO_6CdH_2 . 3H_2O$.

Rhombisch (?).

$a:b:c = 0{,}595:1:0{,}795$ Rammelsberg[1]).

Nach Rammelsberg, welcher das Salz aus saurer Lösung erhielt, bildet es rechtwinkelig vierseitige Tafeln, begrenzt von $m\{110\}$, $n\{120\}$ und $q\{011\}$.

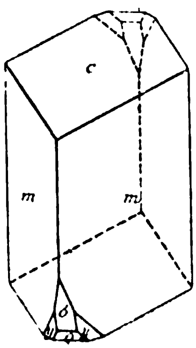
| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:m$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *61°30′ |
| $q:q$ | $= (001):(0\bar{1}1) =$ | — | *77 0 |
| $n:b$ | $= (120):(010) =$ | 40°3′ | 40 0 |

**Basisches Bleiperchlorat-Dihydrat** = $(ClO_4)_2Pb_2O . 2H_2O$.

A. Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}5484:1:1{,}9039;\quad \beta = 116°55'$ Marignac[2]).

Fig. 554.




Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $y\{21\bar{1}\}$ (Fig. 554). Gewöhnlich zeigen die Krystalle nur $m$ und $c$ und haben ein sehr rhomboëderähnliches Aussehen; $\varrho$, $\sigma$, $y$ sind immer untergeordnet und seltener ausgebildet. Die Krystalle sind gut ausgebildet, durchsichtig und verändern sich an der Luft nicht.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:m$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *108°10′ |
| $y:y$ | $= (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 75°25′ | 75 28 |
| $c:\varrho'$ | $= (001):(\bar{1}01) =$ | 67 59 | 67 50 |
| $c:\sigma'$ | $= (001):(\bar{2}01) =$ | 92 57 | 93 0 |
| $c:m$ | $= (001):(110) =$ | — | *74 36 |
| $c:y'$ | $= (001):(\bar{2}11) =$ | 92 20 | 92 25 |
| $m:\varrho$ | $= (110):(10\bar{1}) =$ | — | *67 20 |
| $m:\sigma$ | $= (110):(20\bar{1}) =$ | 57 35 | 57 30 |
| $m:y$ | $= (110):(21\bar{1}) =$ | 23 9 | 23 0 |

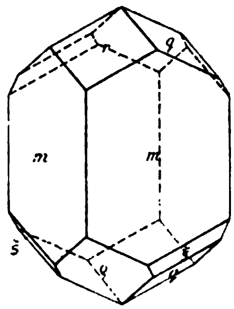
B. Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9939:1:0{,}6625;\quad \beta = 93°8'$ Marignac[2]).

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $\xi\{12\bar{1}\}$ (Fig. 555). Die Krystalle sind in der Mutterlauge lebhaft glänzend und durchsichtig; herausgenommen verlieren sie allmählich Glanz und Durchsichtigkeit.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *89° 43′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *66 58 |
| $\xi:\xi = (12\bar{1}):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | 96° 58′ | 97 ca. |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | 67 21 | 67 10 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 65 10 | 65 10 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 65 28 | 65 35 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | — | *68 16 |
| $m:\xi = (110):(12\bar{1}) =$ | 39 19 | 39 15 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 45 30 | 45 35 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 46 36 | 46 36 |

Fig. 555.



C. Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5614:1:0{,}6451$ Rammelsberg[3]).

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $n\{120\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $q\{021\}$, $t\{041\}$, $r\{101\}$, $s\{102\}$. Kleine glänzende Krystalle, prismatisch nach der $c$-Axe.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *58° 38′ |
| $n:n = (120):(1\bar{2}0) =$ | 96° 38′ | — |
| $q:q = (021):(02\bar{1}) =$ | 75 32 | 75 40 |
| $t:t = (041):(04\bar{1}) =$ | 42 22 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 45 54 | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 87 0 | — |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 74 24 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *41 2 |
| $s:c = (102):(001) =$ | 29 53 | 29 40 |

D. Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7706:1:0{,}9605$ Marignac[2]).

Beobachtete Formen: $o\{111\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, $x\{112\}$, $s\{021\}$. Kleine, scharf ausgebildete Krystalle. Habitus bipyramidal, da $o$ im allgemeinen vorherrscht, während $m$ und $c$ mehr zurücktreten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *75° 14′ |
| $s:s = (021):(0\bar{2}1) =$ | — | *125 0 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 62° 1′ | 61 50 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 83 54 | 83 45 |
| $x:x = (112):(1\bar{1}2) =$ | 44 21 | 44 0 |
| $c:o = (001):(111) =$ | 57 34 | 57 32 |
| $c:x = (001):(112) =$ | 38 12 | 38 8 |
| $s:o = (021):(111) =$ | 45 12 | 45 10 |

## Perchlorate und Perjodate dreiwertiger Metalle.

**Aluminiumperjodat-Hexahydrat** $= (J_2O_8)_3Al_2.6H_2O$, dargestellt von Rubenbauer, scheidet sich nach Eakle[1]) aus salpetersaurer Lösung in kleinen farblosen regulären Oktaëdern ab, welche Zonarstructur und anomale Doppelbrechung zeigen.

1) Eakle, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **26**, 576.

Die Ammoniakverbindung **Hexammin-Kobaltiperchlorat** (Luteokobaltperchlorat) = $(ClO_4)_3Co.6NH_3$, dargestellt von Alvisi[2]), krystallisiert nach Millosevich[3]) aus wässeriger Lösung in pomeranzgelben Oktaëdern mit untergeordneten {100} und {211}. Das durch Substitution eines Chloratomes für $ClO_4$ davon sich ableitende **Hexammin-Kobaltichloroperchlorat** (Luteokobaltchloroperchlorat) = $(ClO_4)_2ClCo.6NH_3$ ist trigonal.

### Hexammin-Kobaltichloroperchlorat (Luteokobaltchloroperchlorat) = $(ClO_4)_2ClCo.6NH_3$.

Trigonal. $a = 70°41'$ Millosevich[3]) ($a:c = 1:1,9300$).

Die von Alvisi[2]) (l. c. 291) dargestellte Substanz krystallisiert bei langsamer Verdunstung wässeriger Lösung im Exsiccator in tafelförmigen Combinationen von $c\{111\}$ mit $r\{100\}$ und untergeordnetem $e\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *65°50′ |
| $e:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 77°21′ | 77 30 |

Spaltbarkeit nach $r\{100\}$ unvollkommen.
Doppelbrechung negativ. Farbe citrongelb.

2) Alvisi, Gazz. chim. ital. 1901, **31**, 293.
3) Millosevich, Gazz. chim. ital. 1901, **31**, 285. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 406

# Carbonate.

## Kohlensaure Salze einwertiger Metalle und deren Hydrate.

Von den sogenannten Bicarbonaten krystallisieren die folgenden wasserfrei: **Mononatriumcarbonat** = $CO_3NaH$ monoklin, **Monokaliumcarbonat** = $CO_3KH$ ebenfalls monoklin, aber ganz verschieden von dem Natriumsalze, endlich **Monoammoniumcarbonat** = $CO_3(NH_4)H$ rhombisch. Zwischen den beiden letzten Salzen wäre Isomorphie zu erwarten, und in der Tat gibt H. Rose[1]) an (jedenfalls nach einer Bestimmung von G. Rose), daß er einmal beim Verdunsten einer Lösung von $CO_3(NH_4)_2$ im Vacuum das Bicarbonat in monoklinen Krystallen von der Form des Kaliumsalzes erhalten habe (Frankenheim[2]) vermuthet, daß diese Form der niedrigeren Temperatur entspricht, da die rhombische beim Erhitzen keine Veränderung erfährt); ferner hat auch Deville[3]) bei der in feuchter Atmosphäre stattfindenden Umwandlung von festem sogen. Sesquicarbonat, $2CO_3(NH_4)H.CO_3(NH_4)_2.H_2O$, in Bicarbonat beobachtet, daß sich Krystalle bildeten, welche nach unvollständigen Messungen monoklin zu sein schienen. Darnach stehen das Kalium- und das Ammoniumsalz wahrscheinlich auch hier, wie in so vielen Fällen, im Verhältnisse der Isodimorphie. Mischkrystalle derselben sind noch nicht dargestellt worden.

Die wasserfreien normalen Carbonate von Natrium, Kalium und Ammonium sind nicht in meßbaren Krystallen erhalten worden, daher nur von ihren Hydraten krystallographische Untersuchungen (s. folgende Seite) vorliegen; dagegen krystallisiert das schwerlösliche **Lithiumcarbonat** = $CO_3Li_2$ aus wässeriger Lösung wasserfrei in monoklinen Formen, welche bis zum Schmelzpunkte keine Umwandlung zeigen. **Silbercarbonat** = $CO_3Ag_2$ erhielt Vogel[4]) aus ammoniakalischer Silberlösung in doppeltbrechenden Krystallen von mannigfacher Ausbildung, doch ist aus seinen Abbildungen und Beschreibungen ebenso wenig, wie aus den Angaben Haushofers[5]) über mikroskopische Krystalle von $CO_3Ag_2$, Bestimmtes über die Krystallform des Salzes zu entnehmen. **Thallocarbonat** = $CO_3Tl$ krystallisiert

1) H. Rose (Krystallbest. v. G. Rose), Poggendorffs Ann. d. Phys. 1839, **46**, 395.
2) Frankenheim, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1854, **98**, 20.
3) H. Sainte-Claire Deville, Ann. chim. phys. 1854, (3) **40**, 96.
4) Vogel, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1863, **118**, 150.
5) Haushofer, Mikroskop. Reactionen, Braunschweig 1885, 119.

monoklin. Das Thalliumcarbonat, welches Wyrouboff[6]) als zufällig in Glasgefäßen, in denen metallisches Thallium längere Zeit unter Wasser aufbewahrt worden war, entstanden beobachtete und dessen Thalliumgehalt der Formel $CO_4Tl_4$ entsprach, ist wohl eine dreiwertiges Thallium enthaltende Verbindung; sie bildet monokline Prismen von 61° mit {100} und {010}, nach diesen beiden Formen spaltbar, ohne Endflächen.

Unter den sauren kohlensauren Salzen, welche in ihrer Zusammensetzung zwischen den Bicarbonaten und den normalen Carbonaten stehen, sind nur Hydrate bekannt. Das monokline **Trinatriumdicarbonat-Dihydrat** (Natrium-$\frac{4}{3}$-Carbonat) = $CO_3NaH.CO_3Na_2.2H_2O$ ist identisch mit dem Minerale Trona oder Urao, welches aber gewöhnlich Beimengungen von Bicarbonat enthält, daher früher für dasselbe irrtümlich die Formel: $2CO_3NaH.CO_3Na_2$ mit wechselndem Wassergehalte angenommen wurde. **Tetraammoniumtricarbonat-Dihydrat** (Ammoniumsesquicarbonat) = $2CO_3(NH_4)H.CO_3(NH_4)_2.2H_2O$ krystallisiert rhombisch, **Tetrakaliumtricarbonat-Trihydrat** = $2CO_3KH.CO_3K_2.3H_2O$ monoklin.

Von den Hydraten des normalen kohlensauren Natriums sind die folgenden krystallographisch bestimmt worden: das **Natriumcarbonat-Monohydrat** = $CO_3Na_2.H_2O$ (nat. Thermonatrit), das **Natriumcarbonat-Hemipentahydrat** $CO_3Na_2.\frac{5}{2}H_2O$, das **Natriumcarbonat-Heptahydrat** = $CO_3Na_2.7H_2O$, welche sämtlich rhombisch krystallisieren, und das monokline **Natriumcarbonat-Dekahydrat** = $CO_3Na_2.10H_2O$, die gewöhnliche Soda. Die beiden letzten Körper vermögen bis zu einem gewissen Gehalte das entsprechend zusammengesetzte schwefligsaure Salz aufzunehmen, doch ist von den Sulfiten des Natriums mit 7 und 10 Mol. $H_2O$ keine mit den Carbonaten übereinstimmende Krystallform bekannt. Bekanntlich existieren vom normalen kohlensauren Kalium nur Hydrate mit geringerem Wassergehalte, und von diesen sind zwei gemessen, aber nicht optisch untersucht worden, nämlich **Kaliumcarbonat-Hemitrihydrat** = $CO_3K_2.1\frac{1}{2}H_2O$, monoklin, und **Kaliumcarbonat-Trihydrat** = $CO_3K_2.3H_2O$, rhombisch. Endlich wurde als ein neues Doppelsalz beschrieben **Kaliumtrinatriumcarbonat-Dodekahydrat** = $(CO_3)_2KNa_3.12H_2O$, dessen monokline Krystalle aber mit denjenigen des bereits bekannten Salzes $CO_3KNa.6H_2O$ isomorph sein sollen; von letzterem sind nun keine directen Bestimmungen von Kalium und Natrium gemacht worden, und es ist sehr wahrscheinlich, daß beide Salze (S. 199 mit A und B bezeichnet) identisch sind; bei der großen Mannigfaltigkeit der Formen des zweiten ist die sichere Zurückführung derjenigen des ersten auf die Elemente von B nur möglich auf Grund der Cohäsionsverhältnisse und der optischen Eigenschaften, welche weder von A noch von B untersucht worden sind.

---

6) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 536. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 282.

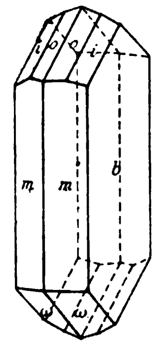
## Mononatriumcarbonat (Natriumbicarbonat) = $CO_3NaH$.

Spec. Gew. 2,221 Stolba[7]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7645:1:0,3582$; $\beta = 93°19'$ Schabus[8]).

Fig. 556.




Schabus beobachtete die Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $i\{121\}$, $o\{111\}$ (Fig. 556), ferner $a\{100\}$ und $r\{101\}$; häufig Zwillinge, deren $r(101)$ parallel ist, mit einer Verwachsungsfläche $\perp(101)$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *75° 4' |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *62 12 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *36 36 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 35°10' | 35 0 |
| $i:b = (121):(010) =$ | 57 38 | — |

Spaltbarkeit nach $r\{101\}$ vollkommen, nach $o\{111\}$ ziemlich vollkommen, nach $a\{100\}$ unvollkommen.

## Monokaliumcarbonat (Kaliumbicarbonat) = $CO_3KH$ (nat. Kalicinit).

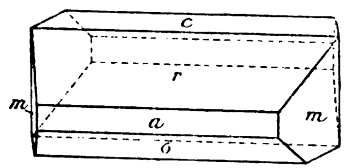
Spec. Gew. 2,158 Schiff, 2,180 Buignet, 2,167 Schröder.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,6770:1:1,3115$; $\beta = 103°25'$ Brooke[9]).

Die durch Einleiten von $CO_2$ in eine Lösung von $CO_3K_2$ entstehenden großen Krystalle sind, wie Brooke zuerst angab, nach der Axe $b$ verlängerte Combinationen von $r\{101\}$, $c\{001\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $a\{100\}$, seitlich geschlossen durch $m\{110\}$. Rammelsberg[10]) beobachtete dieselben Formen mit vorherrschendem $c\{001\}$ und ziemlich groß ausgebildetem $a\{100\}$; außer seinen Messungen führt er auch zwei ältere von Levy an. Deville[3]) (l. c. 97) untersuchte kleine Krystalle ohne $c\{001\}$, welche er aus einer mit Kohlensäure gesättigten Lösung des normalen Carbonates erhalten hatte, und teilt zugleich die Messungen Sénarmonts mit, zu denen die durch Verdunsten der Lösung des käuflichen Bicarbonates erhaltenen Krystalle gedient hatten.

Fig. 557.




| | Berechnet: | Beobachtet: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Brooke: | Rammelsberg: | Levy: | Deville: | Sénarmont: |
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *42° 0' | 42° 0' | 42°10' | 42° 3' | 42° 0' circa |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *76 35 | 77 5 | 76 19 | — | 76 25 |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *23 10 | 24 10 | — | — | 23 11 |
| $\sigma:a = (20\bar{1}):(100) =$ | 52°27' | 52 15 | 52 22 | — | 53 10 | 52 20 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 69 36 | — | — | — | — | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | 77 40 | — | — | — | — | — |
| $\sigma:m = (20\bar{1}):(110) =$ | 77 23 | — | — | — | — | — |

7) Stolba, Journ. f. prakt. Chemie 1866, 97, 503.

8) Schabus, Best. d. Krystallgestalten i. chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 97.

9) Brooke, Annals of Philos. 1823, 22, 42.

10) Rammelsberg, Handb. d. kryst. Chemie, Berlin 1855, 150 u. Handb. d. kryst.-phys. Chemie, Leipzig 1881, 547.

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$, $c\{001\}$ und $r\{101\}$.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 30° im stumpfen Winkel $\beta$; $2V = 81\frac{1}{2}°$, $\beta = 1,482$ Miller[11]).

### Monoammoniumcarbonat (Ammoniumbicarbonat) = $CO_3(NH_4)H$ (nat. Teschemacherit).

Spec. Gew. 1,573 Schiff[12]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,6726:1:0,3998$ G. Rose[1]).

Die ältesten Messungen dieses Salzes stammen von Miller[13]); die untersuchten Krystalle hatten sich aus gesättigter Lösung in einem geschlossenen Gefäße gebildet und waren kurzprismatische Combinationen von $m\{110\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$ und $c\{001\}$. Sehr gut meßbare Krystalle erhielt H. Rose[1]) (l. c. 400), indem er käufliches Sesquicarbonat, $2CO_3(NH_4)H.CO_3(NH_4)_2.H_2O$, mit der zur Lösung ausreichenden Menge siedenden Wassers im geschlossenen Gefäße abkühlen ließ, schrieb ihnen aber einen Gehalt an Krystallwasser zu; nach G. Rose waren es Prismen $m\{110\}$ (vorherrschend), abgestumpft durch $b\{010\}$ und $a\{100\}$, am Ende $q\{011\}$, untergeordnet $r\{101\}$ und $c\{001\}$; zuweilen auch nach der Verticalaxe stark verkürzt. Deville[3]) (l. c. 93) erhielt sowohl nach H. Roses Methode, als durch Sättigen einer concentrierten Lösung des Sesquicarbonates mit Kohlensäure das wasserfreie Salz; die nach der ersten Methode dargestellten Krystalle zeigten $r\{101\}$ vorherrschend, $m\{110\}$ und $q\{011\}$ sehr klein; die besser ausgebildeten der zweiten Darstellung waren Combinationen von $m\{110\}$ und $q\{011\}$ im Gleichgewichte, $b\{010\}$ ziemlich groß, untergeordnet: $a\{100\}$, $c\{001\}$ und $r\{101\}$. Sehr schöne und große Krystalle, durch Sublimation aus rohem Leuchtgase in einem weiten Gasleitungsrohre gebildet, beobachtete Schrötter[14]); dieselben zeigten nach Ditscheiner (l. c.) die Formen: $m\{110\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$. Endlich hat Rammelsberg[15]) Messungen an den von Rüdorff[16]) auf der Reinigungsmasse einer Gasanstalt beobachteten Prismen angestellt.

Die natürlichen, in Guanoablagerungen vorkommenden Teschemacherit-Krystalle zeigen nur das Spaltungsprisma $m$.

| | Berechnet: | Beobachtet: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | G. Rose: | Miller: | Deville: | Ditscheiner: | Rammelsberg: |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *67° 51′ | 68° 12′ | 68° 34′ | 68° 23′ | 68° 30′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 43° 35′ | — | 44 20 | 44 0 | 45 20 | — |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 61 27 | — | 62 20 | 62 30 | 63 0 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | — | *64 55 | 64 20 | 64 20 | 64 33 | 64 20 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 78 4 | — | — | 78 2 | — | — |
| $q:r = (011):(110) =$ | 37 2 | — | — | 37 30 | — | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ sehr vollkommen.

11) Miller, Transact. Cambridge Philos. Soc. 1842, 7, 212. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1842, 55, 628.

12) Schiff, Ann. d. Pharm. 1858, 107, 64.

13) Miller, Transact. Cambridge Philos. Soc. 1829, 8, 367. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1831, 28, 558.

14) Schrötter, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1862, 44 (II), 33.

15) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-phys. Chemie, Leipzig 1881, 1, 545.

16) Rüdorff, Ber. d. d. chem. Ges. 1870, 3, 228.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; $2E = 66^\circ 35'$ rot, $66^\circ 41'$ violett (Des Cloizeaux[17]). Lang[18]) fand für $Na$: $2E = 66^\circ 10'$ und die Brechungsindices:

$$\alpha = 1{,}4227, \quad \beta = 1{,}5358, \quad \gamma = 1{,}5545, \quad \text{daraus: } 2V = 41^\circ 38'.$$

## Lithiumcarbonat = $CO_3Li_2$.

Spec. Gew. 2,094 Mallard[19]), 2,111 Kremers[20]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}672:1:1{,}244; \quad \beta = 114^\circ 25' \text{ Mallard}^{19)}.$$

Flückiger[21]) erhielt durch Erhitzen einer bei 15° gesättigten wässerigen Lösung kleine Prismen mit einspringendem Winkel am Ende. Nach Mallard krystallisiert das Salz auch aus dem Schmelzflusse; die von ihm beim Verdunsten wässeriger Lösung erhaltenen sehr kleinen Krystalle sind Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$, Zwillinge nach $a\{100\}$, an deren einem Ende $o\{111\}$ als rhombische Pyramide erscheint, während die Spaltungsflächen $c\{001\}$ und $\underline{c}\{00\bar{1}\}$ am anderen einen einspringenden Winkel bilden; an den aus dem Schmelzflusse entstandenen Krystallpartikeln konnten nur die beiden Spaltungsebenen $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ gemessen werden; außerdem zeigten dieselben Zwillingslamellen nach $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *33° 18′ |
| $o:m = (111):(110) =$ | 31° 20′ | 31 37 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 45 48 | 45 16 |
| $o:m' = (111):(\bar{1}10) =$ | 80 19 | 80 21 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *44 22 |
| $c:\underline{c} = (001):(\underline{00\bar{1}}) =$ | — | *48 50 |
| $o:\underline{o} = (111):(\underline{\bar{1}\bar{1}\bar{1}}) =$ | 77 13 | 77 4 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene sehr nahe parallel $a\{100\}$, 1. Mittellinie fast genau parallel der Verticalaxe $c$; $2E$, gemessen durch $c\{001\} = 24^\circ$ circa; für $Na$: $\alpha = 1{,}428$, $\beta = 1{,}567$, $\gamma = 1{,}572$.

## Thallocarbonat = $CO_3Tl_2$.

Spec. Gew. 7,164 Lamy und Des Cloizeaux[22]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}3956:1:1{,}9586; \quad \beta = 94^\circ 47' \text{ Lamy und Des Cloizeaux}^{22)}.$$

Eine Lösung von $Tl_2O$ mittels $Tl(C_2H_5)_2OH$ liefert durch allmähliche Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft große diamantglänzende, nach der $b$-Axe, zuweilen nach der $c$-Axe verlängerte Krystalle; Combinationen der Formen: $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $i\{112\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, von denen $a$ und $q$ auch oft fehlen; häufig Zwillinge nach $r\{101\}$. Außer Des Cloizeauxs Messungen existieren noch einige ältere und unvollständige von Miller[23]).

17) Des Cloizeaux, Annales des mines 1857, (5) **11**, 331; **14**, 374.
18) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1862, **45** (II), 112.
19) Mallard, Bull. soc. fr. min. 1892, **15**, 21. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **23**, 483.
20) Kremers, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, **99**, 435.
21) Flückiger, Arch. d. Pharm. 1887, (3) **25**, 509.
22) Lamy u. Des Cloizeaux, Ann. chim. phys. 1869, (4) **17**, 319.
23) Miller, Proc. R. Soc. Lond. 1865, **14**, 555; Phil. Magaz. 1866, (4) **31**, 149.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a\ = (110):(100) =$ | — | *54° 17′ |
| $r:c\ = (101):(001) =$ | 51° 23′ | 51 33 |
| $\varrho:c' = (10\bar{1}):(00\bar{1}) =$ | — | *57 44 |
| $\varrho:a\ = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *37 3 |
| $q:c\ = (011):(001) =$ | 62 52 | 62 48 |
| $i:c\ = (112):(001) =$ | 48 36 | 48 50 |
| $m:c\ = (110):(001) =$ | 87 13 | 87 20 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 61 0 | 60 55 |
| $r:i\ = (101):(112) =$ | 41 3 | 41 10 |
| $r:q\ = (101):(011) =$ | 73 28 | 73 20 |
| $i:m' = (112):(\bar{1}10) =$ | 77 57 | 77 57 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 45 32 | 45 30 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 62 14 | 62 12 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ, sehr stark; Axenebene $\perp b\{010\}$, 1. Mittellinie fast genau senkrecht zu $c\{001\}$ mit sehr geringer Dispersion; dagegen Axendispersion sehr groß: $2E = 109°13'$ rot, $119°2'$ blau.

## Trinatriumdicarbonat-Dihydrat (Natrium-$\frac{3}{2}$-Carbonat) = $CO_3NaH.CO_3Na_2.2H_2O$ (nat. Trona, Urao).

Spec. Gew. 2,14 Reinitzer[24]), 2,147 Chatard[25]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 2{,}8426:1:2{,}9494;\quad \beta = 103°29'$$ Ayres[26]).

Die in einer Sodafabrik aus einer nahe gesättigten Natriumcarbonatlösung, welche viel $NaCl$ und $SO_4Na_2$ enthielt, bei 50°—85° entstandenen Krystalle zeigen nach Zepharovich[24]) Combinationen (s. Fig. 558 und 559) der Formen:

Fig. 558.

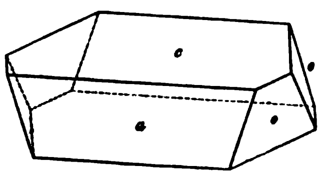
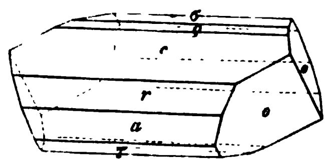



Fig. 559.




$c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $r\{304\}$, $\varrho\{\bar{1}.0.18\}$, $\sigma\{\bar{2}.0.13\}$, $\tau\{30\bar{2}\}$. Ayres[26]) beobachtete an Krystallen, welche Chatard durch freiwillige Verdunstung einer Lösung von $CO_3Na_2$, $CO_3NaH$ und $NaCl$ erhalten hatte, eine ähnliche Ausbildung, aber statt $r$, $\varrho$, $\sigma$ und $\tau$ die Formen: $e\{101\}$, $s\{30\bar{2}\}$ und außerdem noch untergeordnet $\omega\{111\}$ und $i\{211\}$.

An natürlichen Krystallen wurden beobachtet: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{11\bar{1}\}$ (Fig. 558), ferner $\{407\}$ und $\{20\bar{9}\}$.

---

24) V. v. Zepharovich (mit Beitr. v. Reinitzer), Zeitschr. f. Krystall. 1888, 13, 135.
25) Chatard, Amer. Journ. Sc. 1889, (3) 38, 61.
26) Ayres, Amer. Journ. Sc. 1889, (3) 38, 65.

| | | Berechnet: | Beobachtet: Ayres: | v. Zepharovich: |
|---|---|---|---|---|
| $o:o'$ = | $(11\bar{1}):(\bar{1}11)$ = | — | *47° 30′ | 47° 35½′ |
| $c:o'$ = | $(001):(\bar{1}11)$ = | — | *76 0 | 75 57 |
| $a:o$ = | $(100):(11\bar{1})$ = | — | *75 7½ | 74 54 |
| $a:\omega$ = | $(100):(111)$ = | 67° 14′ | 67 13 | — |
| $c:e$ = | $(001):(101)$ = | 39 5½ | 39 35 | — |
| $o':\omega$ = | $(\bar{1}11):(111)$ = | 37 38 | 37 32 | — |
| $c:\omega$ = | $(001):(111)$ = | 68 8½ | — | — |
| $a:i$ = | $(100):(211)$ = | 52 41 | 52 47 | — |
| $c:s'$ = | $(001):(\bar{3}02)$ = | 68 10 | 67 0 approx. | — |
| $c:a$ = | $(001):(100)$ = | 76 31 | — | 77 23 |
| $c:q$ = | $(001):(011)$ = | 70 47 | — | — |
| $a:m$ = | $(100):(110)$ = | 70 7 | — | — |
| $r:a$ = | $(304):(100)$ = | 44 16[27] | — | 44 30 |
| $\varrho:a$ = | $(\bar{1}.0.18):(100)$ = | 80 40[27] | — | 80 41 |
| $\sigma:a$ = | $(\bar{2}.0.13):(100)$ = | 86 36[27] | — | 86 38 |
| $\tau:a$ = | $(30\bar{2}):(100)$ = | 35 55½[27] | — | 36 9 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark; nach Zepharovich bildet die Ebene der optischen Axen mit $c\{001\}$ $5\frac{3}{4}^{\circ}$ im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie Axe $b$; Spaltungsplatten nach $a\{100\}$ zeigen daher das Interferenzbild der 2. Mittellinie ca. 7° geneigt; $V = 76° 16'$ für *Na* (nach Des Cloizeaux an natürlichen Krystallen $2V = 76° 32'$ rot, 76° 47′ blau), $\beta = 1{,}5073$ (*Na*).

### Tetraammoniumtricarbonat-Dihydrat (Ammoniumsesquicarbonat) = $2CO_3(NH_4)H.CO_3(NH_4)_2.2H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}6635:1:0{,}4585$ Deville[3]) (l. c. 90).

Dargestellt durch Lösen des käuflichen Ammoniumcarbonates in concentriertem Ammoniak bei ca. 30°; diese Flüssigkeit, welche man auch mit Alkohol versetzen kann, liefert bald große, durchsichtige Krystalle der Combination: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$; an der Luft verlieren dieselben Wasser und Ammoniak und verwandeln sich in Bicarbonat.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:o$ = | $(111):(1\bar{1}1)$ = | — | *41° 20′ |
| $o:o'$ = | $(111):(\bar{1}11)$ = | — | *64 15 |
| $o:{}'o$ = | $(111):(\bar{1}\bar{1}1)$ = | 79° 20′ | 79 25 |

### Tetrakaliumtricarbonat-Trihydrat (Kaliumsesquicarbonat) = $2CO_3KH.CO_3K_2.3H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2{,}6635:1:1{,}2952$; $\beta = 104° 55'$ Rammelsberg[28]).

Rammelsberg beschrieb die beim Abdampfen großer Mengen Bicarbonat in einer Mineralwasserfabrik entstandenen Krystalle als Combinationen von $m\{110\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$ und $\sigma\{20\bar{1}\}$, meist nach der $c$-Axe, seltener nach der $b$-Axe verlängert.

---

27) Von Zepharovich berechnet aus seinen Elementen: $a:b:c = 2{,}8459:1:2{,}9696$; $\beta = 102° 37'$.

28) Rammelsberg, Ber. d. d. chem. Ges. 1883, 16, 273.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m' = (110) : (\bar{1}10) =$ | — | *42° 28′ |
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *75 5 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 84° 39′ | — |
| $r : a = (101) : (100) =$ | — | *52 25 |
| $\sigma : a = (20\bar{1}) : (100) =$ | 53 30 | 53 0 |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 78 55 | — |
| $\sigma : m = (20\bar{1}) : (110) =$ | 77 34 | 77 20 |

**Natriumcarbonat-Monohydrat = $CO_3Na_2 . H_2O$**

(nat. Thermonatrit).

Spec. Gew. 1,5—1,6.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,8268 : 1 : 0,4044$ Marignac[29]).

Bildet sich aus der wässerigen Lösung bei 25°—37°, ferner aus Soda, wenn man dieselbe längere Zeit in ihrem Krystallwasser geschmolzen hält, besonders beim Abdampfen der so erhaltenen Lösung bei 75°—87° (Fuchs[30]), Bourgeois[31])). Entsteht auch beim Verwittern von Soda. Marignac erhielt das Salz aus reiner wässeriger Lösung bei 80°, bei gewöhnlicher Temperatur einmal aus einer Lösung, welche Natrium- und Kaliumcarbonat in äquivalenten Mengen enthielt, ferner aus einer Lösung mit $CO_3K_2$ und $NaCl$ beim Verdunsten in der Wärme.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $s\{201\}$, $k\{041\}$, $x\{121\}$. Marignac beobachtete mit den Entstehungsbedingungen wechselnden Habitus: dünne Lamellen nach $c$ mit $m$, $a$, $s$ und einigen nicht näher bestimmbaren Formen in der Zone $[s : m]$ wurden erhalten bei gewöhnlicher Temperatur aus einer Lösung von äquivalenten Mengen $Na$- und $K$-Carbonat; Krystalle, tafelig nach $a$, meist nur noch mit $c$ und $m$, seltener mit $r$ und $x$, entstehen bei 80° aus reiner Sodalösung; aus Lösungen mit $CO_3K_2$ und $NaCl$ wurden in der Wärme nach der $a$-Axe prismatische Krystalle erhalten mit $c$, $b$, $k$, $m$ und $a$.

| | Berechnet: | Beobachtet Marignac: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *79° 10′ |
| $a : r = (100) : (101) =$ | — | *63 56 |
| $a : s = (100) : (201) =$ | 45° 38′ | 45 35 |
| $a : x = (100) : (121) =$ | 69 11 | 69 20 |
| $c : x = (001) : (121) =$ | 43 23 | 43 38 |
| $m : x = (110) : (121) =$ | 49 34 | 49 32 |

**Natriumcarbonat-Hemipentahydrat = $CO_3Na_2 . \frac{5}{2}H_2O$.**

Rhombisch. $a : b : c = 0,794 : 1 : 0,439$ Morel[32]).

Erhalten durch Krystallisation einer ziemlich concentrierten Lösung von Solvay-Soda bei 18°—25° in langen nadelförmigen Prismen $m\{110\}$ mit schmalem $a\{100\}$, am Ende $q\{011\}$, manchmal auch statt dessen ein nicht meßbares, steileres $\{0kl\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *71° 54′ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *47 26 |
| $m : q = (110) : (011) =$ | 75° 46′ | 75 31 |

29) Ch. de Marignac, Annales des mines 1857, (5) **12**, 55. Oeuvres **1**, 530.

30) Fuchs, Künstl. Mineralien. Haarlem 1872, 121.

31) Bourgeois, Reprod. artif. des Min. Paris 1884, 149.

32) Morel, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 546. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 283.

### Natriumcarbonat-Heptahydrat = $CO_3Na_2.7H_2O$.

Spec. Gew. 1,51 Thomson[33].
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7508:1:0{,}3604$ Rammelsberg[34].

Rammelsberg erhielt durch langsames Abkühlen einer Lösung, gewonnen durch Schmelzen des Hydrates mit $10H_2O$, sowie aus einer Mutterlauge von Natriumjodat, rechtwinkelig vierseitige Tafeln nach $b\{010\}$, begrenzt von $k\{021\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $n\{210\}$, $l\{230\}$ und $x\{121\}$; er machte darauf aufmerksam, daß auch die von Haidinger[35] für solche des Monohydrates gehaltenen Krystalle, an welchen Dieser die gleichen Formen und untergeordnet noch $y\{233\}$ beobachtete, hierher gehören. Nach Marignac[29] (l. c. 56 bzw. 531) entstehen besonders schöne Krystalle, wenn die Lösung des Natriumcarbonates noch Natriumchlorid oder -nitrat enthält; er beobachtete außer den angeführten Formen noch $p\{120\}$, $z\{131\}$ und $v\{221\}$, gibt aber keine Messungen an. Traube[36] erhielt aus gemischten Lösungen mit Natriumsulfit Krystalle der Combination: $b\{010\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $k\{021\}$, $l\{230\}$ von dem spec. Gew. 1,521—1,531 und mit einem Gehalte von 0,07—0,45 Mol. $SO_3Na_2.7H_2O$ auf 1 Mol. $CO_3Na_2.7H_2O$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Haidinger: | Traube: |
|---|---|---|---|---|
| $b:l = (010):(230) =$ | — | *41° 36′ | 41° 55′ | 40° 30′ (corr.) |
| $b:n = (010):(210) =$ | 69° 25′ | 69 30 | — | — |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1) =$ | — | *71 34 | 72 10 | 71 54 |
| $b:o = (010):(111) =$ | 72 0 | 72 12 | — | 72° 24′—72° 4′ |
| $b:x = (010):(121) =$ | 56 59 | 57 0 | — | — |
| $a:o = (100):(111) =$ | 65 42 | — | — | — |
| $a:x = (100):(121) =$ | 68 44 | — | — | — |
| $b:y = (010):(233) =$ | 71 3 | — | — | — |
| $a:y = (100):(233) =$ | 73 15 | — | — | — |
| $y:l = (233):(230) =$ | 64 16 | — | — | — |

### Natriumcarbonat-Dekahydrat = $CO_3Na_2.10H_2O$
(nat. **Soda**).

Spec. Gew. 1,45—1,475 (der höchste Wert von Schiff beob.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}4186:1:1{,}4828$; $\beta = 122^\circ 20'$ Mohs[35].

Die gewöhnliche Form der Sodakrystalle ist die Combination von $m\{110\}$ mit $\omega\{11\bar{1}\}$ und dem oft vorherrschenden $b\{010\}$, untergeordnet kommen häufig auch $a\{100\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ vor; Des Cloizeaux[37] erwähnt außerdem noch eine Form $\{112\}$ und Zwillingsbildung nach $a\{100\}$, gibt jedoch keine Messungen. Solche existieren nur von Mohs, mitgeteilt von Haidinger[35], ferner von Brooke[38] und von Sénarmont in einer Mitteilung an Rammelsberg[34]. Außerdem hat Traube[36] (l. c. 144) einige Messungen an Mischkrystallen mit

33) Thomson, Annals of Philos. 1825, (2) **10**, 442.
34) Rammelsberg, Die neuesten Forsch. in d. kryst. Chemie, Suppl. z. Handb. d. kryst. Chemie, Leipzig 1857, 73.
35) Haidinger, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1825, **5**, 369.
36) Traube, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **22**, 145.
37) Des Cloizeaux, Manuel de minéralogie, 1874, **2**, 168.
38) Brooke, Annals of Philos. 1823, **22**, 287.

Natriumsulfit, welche 0,13—0,18 Mol. $SO_3Na_2.10H_2O$ auf 1 Mol. $CO_3Na_2.10H_2O$ enthielten, angestellt; spec. Gew. 1,501—1,502.

| | Berechnet: | Beobachtet: | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Mohs: | Brooke: | Sénarmont: | Traube: |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *100°20′ | 100°16′ | 100°19′ | 99°40′—44′ |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *58 52 | 58 40 | 58 52 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *103 32 | 103 48 | 103 32 | 103 8—10 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 71°20′ | — | 71 12 | — | — |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 36 5 | — | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ deutlich, nach $b\{010\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene, senkrecht zu $b\{010\}$, bildet mit der $c$-Axe ca. 100° im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie Axe $b$; $2E = 112°48'$ rot, $112°42'$ gelb; auch die Dispersion der Axenebenen ist gering (Des Cloizeaux[37])).

## Kaliumcarbonat-Hemitrihydrat = $CO_3K_2.1\frac{1}{2}H_2O$.

Spec. Gew. 2,043 Gerlach[39]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9931:1:0{,}8540$; $\beta = 111°24'$ Rammelsberg[34]).

Bildet sich aus einer concentrierten Lösung von Kaliumcarbonat bei längerem Stehen. Städeler[40]) erhielt besonders schöne Krystalle aus Lösungen mit kaustischem Alkali, ferner aus der Mutterlauge, die er bei der Darstellung von Uroxansäure durch Einwirkung von Kalilauge auf Harnsäure erhalten hatte; nach Kenngott sind die Krystalle langprismatische Combinationen von $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $b\{010\}$ mit einem steileren $\{h0\bar{l}\}$ und häufig Zwillinge nach $\omega\{11\bar{1}\}$. Die von Rammelsberg[34]) (l. c. 74) untersuchten Krystalle, aus einer alkalischen Lösung bei der Darstellung von zinnsaurem Kali erhalten, zeigten vorherrschend die Formen $b\{010\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, untergeordnet $m\{110\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $q\{011\}$ und waren meist etwas unsymmetrisch und verlängert nach der Zone [010 : 10$\bar{1}$]; sie sind zerfließlich und nicht genau meßbar. Marignac[29]) (l. c. 54 bzw. 530) bestätigte Rammelsbergs Messungen, ohne die seinigen anzugeben, corrigierte aber die von Rammelsberg dem Salze beigelegte Formel: $CO_3K_2.2H_2O$. Wahrscheinlich gehören hierher auch die von Haushofer[41]) abgebildeten Krystalle, welche er bei manchen mikrochemischen Reactionen erhielt.

| | Berechnet: | Beobachtet: | |
|---|---|---|---|
| | | Rammelsberg: | Kenngott: |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *83°30′ | 83° |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 54°40′ | 54 51 | 53 30′ |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *74 0 | 71 45 |
| $o:m = (111):(110) =$ | 33 23 | 33 30 | — |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 47 6 | 46°—47° | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 28 24 | — | — |
| $\omega:q = (\bar{1}11):(011) =$ | 38 27 | 39°15′ | — |
| $q:b = (011):(010) =$ | 51 31 | — | — |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | — | *69 30 | — |

39) Gerlach, Chem. Centralblatt 1886, 786.

40) Städeler (Mess. v. Kenngott), Annalen d. Chem. u. Pharm. 1865, **133**, 373.

41) Haushofer, Mikroskopische Reactionen, Braunschweig 1885, 62.

### Kaliumcarbonat-Trihydrat = $CO_3K_2.H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}744:1:0{,}384$ Morel[42]).

Die durch Abkühlen einer heißgesättigten Kaliumcarbonatlösung unter 10° entstehenden, ziemlich luftbeständigen Krystalle sind dünne Prismen $m\{110\}$, am Ende $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *74° 20′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *42 0 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 77° 30′ | 77 25 |

### Kaliumtrinatriumcarbonat-Dodekahydrat = $(CO_3)_2KNa_3.12H_2O$.

A. Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7104:1:0{,}7800$; $\beta = 104°25'$ Morel[43]).

Durch Verdunsten einer Lösung von kohlensaurem Natrium, welche $CO_3K_2$, viel $KJ$, sowie $PO_4Na_3$ und $NaCl$ enthielt, bildeten sich große, leicht verwitternde Krystalle, welche nach der Analyse von Hugounenq obige Formel ergaben; sie zeigten die oktaëderähnliche Combination $m\{110\}$, $q\{011\}$, einige untergeordnet $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $b\{010\}$, und sind nach dem Verf. isomorph mit dem Salze B.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *72° 28′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *77 41 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *77 38 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 58° 48′ | 59 29 |

B. Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9645:1:0{,}8143$; $\beta = 131°48'$ Marignac[29]).

Krystalle des Doppelsalzes entstehen nach Marignac (l. c. 57 bzw. 532), wenn man eine Lösung von ungefähr gleichen Äquivalenten $Na$- und $K$-Carbonat in der Wärme einengt, nicht dagegen durch Verdunsten bei gewöhnlicher Temperatur; außer seinen Messungen theilt Marignac auch solche von Sénarmont mit. Ferner wurde das Salz krystallographisch untersucht von Knop[44]) und von Zepharovich[45]); die Krystalle des Letzteren hatten das spec. Gew. 1,61—1,63 und waren von Stolba[46]) dargestellt.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $l\{120\}$, $q\{011\}$, $k\{021\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$; untergeordnet $\xi\{21\bar{2}\}$, $\eta\{41\bar{4}\}$. Nach Zepharovich wechselt der Habitus der Krystalle stark mit der Zusammensetzung der Lösung. Aus Lösungen mit 2—3 Gew.-Tl. $K$-Carbonat auf 1 Gew.-Tl. Soda entstehen kurzsäulenförmige Krystalle, gebildet von $m$ und $c$, untergeordnet mit $\omega$ und $\varrho$, selten mit $q$. Bei höherem $K$-Gehalte entstehen tafelige Krystalle mit vorherrschendem $c$ und $m$, untergeordnet mit $a$, $\sigma$, $q$, $b$, $\omega$, $\varrho$; einmal wurde dabei auch $\eta$ beobachtet. $k$, $\xi$, $n$ und $l$ werden nur von Marignac erwähnt.

42) Morel, Bull. soc. fr. min. 1892, **15**, 7. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **23**, 481.

43) Hugounenq u. Morel, Compt. rend. 1888, **106**, 1158. Bull. soc. chim. Par. 1888, **49**, 740. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 329.

44) Knop, Ann. d. Chemie u. Pharm. 1864, **130**, 247.

45) V. v. Zepharovich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1866, **52** (I), 237.

46) Stolba, Journ. f. pract. Chemie 1865, **94**, 406.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Sénarmont: | Zepharovich: | Knop: |
|---|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | *71° 26′ | 71° 43′ | 71° 44′ | 71° ca. |
| $a:n = (100):(210)$ | = 19° 47′ | 19 30 | — | — | — |
| $a:l = (100):(120)$ | = 55 11 | 55 20 | — | — | — |
| $c:q = (001):(011)$ | = 31 15 | 31 12 | 31 5 | 31 28 | — |
| $c:k = (001):(021)$ | = 50 31 | 50 20 | — | — | — |
| $c:m = (001):(110)$ | = — | *57 14 | 57 40 | 57 24 | 58° |
| $c:a = (001):(100)$ | = 48 12 | 48 10 | — | 48 11 | 49° 30′ |
| $c:\varrho = (001):(\bar{1}01)$ | = 55 12 | 55 25 | — | 55 0½ | — |
| $c:\sigma = (001):(20\bar{1})$ | = 84 19 | 84 17 | 84 42 | 84 25 | — |
| $c:\omega = (001):(\bar{1}11)$ | = — | *63 25 | 63 15 | 63 23 | — |
| $b:\omega = (010):(11\bar{1})$ | = 51 37 | 51 35 | — | 51 51 | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1})$ | = 79 33 | 79 37 | — | 79 40 | — |
| $b:\xi = (010):(21\bar{2})$ | = 68 24 | 68 31 | — | — | — |
| $a:q = (100):(011)$ | = 55 16 | 55 10 | — | 55 23 | — |
| $\varrho:\eta = (10\bar{1}):(41\bar{4})$ | = 11 12 | — | — | 11 13 | — |
| $\sigma:\omega = (20\bar{1}):(11\bar{1})$ | = 53 24 | 53 10 | — | — | — |
| $\sigma:m = (20\bar{1}):(110)$ | = 49 1 | 49 10 | — | — | — |
| $\sigma:k = (20\bar{1}):(021)$ | = 86 23 | — | — | — | — |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1})$ | = 79 10 | — | — | — | — |
| $m:q = (110):(011)$ | = 40 3 | 40 20 | — | — | — |

## Wasserfreie normale Carbonate zweiwertiger Metalle.

Kohlensaures Beryllium ist im krystallisierten Zustande nur in Verbindung mit Wasser bekannt. Mit dem **Magnesiumcarbonat** (Magnesit) = $CO_3Mg$ beginnt eine Reihe isomorpher, besonders durch ihr Vorkommen in der Natur wichtiger Salze von trigonaler Krystallform, zu welcher vor allem das **Calciumcarbonat** = $CO_3Ca$ in seiner stabilen Modification, als Mineral Calcit oder Kalkspat, gehört, während die zweite Form desselben, der rhombische Aragonit, durch Erhitzen in Calcit übergeht und eine größere Löslichkeit besitzt, daher eine metastabile Modification darstellt (s. Einleitung in die chem. Kryst. 12, 15, 21); außerdem existiert nach den Versuchen von Vater[1]) noch eine nur in radialfaserigen Aggregaten unter gewissen Umständen zu erhaltende Modification mit dem niedrigen specifischen Gewichte 2,54, welche noch leichter in Calcit übergeht als der Aragonit (dagegen sind die beiden als »Ktypeït« und »Conchit« bezeichneten Substanzen nicht als besondere Modificationen zu betrachten). Magnesium- und Calciumcarbonat bilden, in äquivalenten Mengen verbunden, das Mineral **Dolomit** = $(CO_3)_2MgCa$; der Krystallstructur dieses Körpers liegt, wie Winkel, Cohäsionsverhältnisse und Dichte zeigen, ein rhomboëdrisches Raumgitter zu Grunde, dessen Dimensionen zwischen denen der beiden isomorphen Componenten, aber nicht genau in der Mitte, liegen; während aber beide Einzelsalze der skalenoëdrischen Klasse des trigonalen Krystallsystems angehören, fehlen dem Dolomit die für diese Klasse charakteristischen Symmetrieebenen, er krystalli-

1) Vater, Zeitschr. f. Krystall. 1902, 35, 158.

siert rhomboëdrisch, d. h. in einer derjenigen Klassen, deren Symmetrie structurtheoretisch nur durch wenigstens zwei in einander gestellte regelmäßige Punktsysteme erklärt werden kann; dementsprechend könnte man sich die Krystallstructur des Dolomits von derjenigen des Calcits dadurch abgeleitet denken, daß von den zwei, aus Calciumatomen bestehenden, congruenten regelmäßigen Punktsystemen des letzteren das eine durch ein analoges, aus Magnesiumatomen bestehendes Punktsystem ersetzt sei. Mit den beiden skalenoëdrisch krystallisierenden Carbonaten des Magnesiums und Calciums sind ferner isomorph die folgenden Salze: **Manganocarbonat** = $CO_3Mn$, als Mineral Dialogit oder Manganspat; **Ferrocarbonat** = $CO_3Fe$, als Mineral Siderit oder Eisenspat; **Nickelcarbonat** = $CO_3Ni$, von Sénarmont[2]) durch Erhitzen der kohlensäurehaltigen Lösung eines Nickelsalzes mit Natrium- oder Calciumcarbonat im geschlossenen Rohre in doppeltbrechenden Rhomboëdern dargestellt; Derselbe erhielt ebenso **Kobaltcarbonat** = $CO_3Co$, welches auch natürlich als Sphärokobaltit oder Kobaltspat in Combinationen {100}, {111} beobachtet wurde (von diesem und dem vorhergehenden Körper existieren jedoch keine Messungen, so daß ihre Zugehörigkeit zur vorliegenden isomorphen Reihe nur, wenn auch in hohem Grade, wahrscheinlich ist); **Zinkcarbonat** = $CO_3Zn$ und **Cadmiumcarbonat** = $CO_3Cd$ sind dagegen als sicher isomorph mit den vorhergehenden Salzen erkannt. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die krystallographischen Beziehungen der Glieder dieser trigonalen Reihe:

| | Mol.-Gew. | Spec. Gew. | Äqu.-Vol. | $\alpha$ | $\chi = \psi = \omega$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $CO_3Mg$ | 83,73 | 3,037 | 27,57 | 103° 21½ | 3,126 |
| $CO_3\frac{Mg}{2}\frac{Ca}{2}$ | 91,54 | 2,924 | 31,31 | 102 53 | 3,252 |
| $CO_3Ca$ | 99,35 | 2,750 | 36,13 | 101 55 | 3,394 |
| $CO_3Mn$ | 114,15 | 3,660 | 31,19 | 102 50 | 3,247 |
| $CO_3Fe$ | 115,05 | 3,880 | 29,65 | 103 4½ | 3,197 |
| $CO_3Zn$ | 124,45 | 4,450 | 27,97 | 103 28 | 3,143 |
| $CO_3Cd$ | 171,15 | 4,960 | 34,51 | 102 30 | 3,352 |

Während im allgemeinen innerhalb einer isomorphen Reihe mit steigendem Molekulargewichte die Äquivalentvolumina zunehmen, ist dies hier nur für die drei ersten Glieder der Fall, von da bis zum vorletzten findet dagegen stetig Abnahme und erst beim letzten wieder eine Zunahme des Äquivalentvolumens statt. Umgekehrt zeigt der Winkel $\alpha$ Abnahme vom ersten bis dritten Gliede der Reihe, dann Zunahme bis zum vorletzten und wieder Abnahme beim letzten Gliede, während die Länge der Seiten des rhomboëdrischen Raumgitters sich gerade entgegengesetzt verhält, also analog dem Äquivalentvolumen steigt und fällt. Zu den oben angegebenen Zahlen muß jedoch bemerkt werden, daß die Bestimmungen des specifischen Ge-

---

2) H. de Sénarmont, Ann. chim. phys. 1850, (3) **30**, 137; 1851, (3) **32**, 152.

wichtes (es wurde stets der höchste Wert als der wahrscheinlichste gewählt) und des Winkels $\alpha$ noch viel zu wünschen übrig lassen, da sie sich meist auf natürliche Krystalle beziehen, welche nicht frei von isomorphen Beimischungen waren, und da diese nicht nur die Dichte, sondern auch die Winkel der Krystalle beeinflussen. Eine genaue Bestimmung beider Größen für vollkommen reine Substanzen könnte also nicht unerhebliche Änderungen der eigentümlichen, eben auseinandergesetzten Beziehungen bewirken.

Mit der rhombischen Modification des Calciumcarbonates, dem Aragonit, sind isomorph die drei Mineralien **Strontiumcarbonat** (Strontianit) = $CO_3Sr$, **Baryumcarbonat** (Witherit) = $CO_3Ba$ und **Bleicarbonat** (Cerussit) = $CO_3Pb$. Als Beispiel für die topischen Parameter einer isomorphen Gruppe hat Becke[3]) bereits in seiner ersten Notiz über diese Größen die folgende Zusammenstellung gegeben:

| | Mol.-Gew. | Spec. Gew. | Äqu.-Vol. | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $CO_3Ca$ | 100,0 | 2,94 | 34,01 | 2,64 | 4,23 | 3,05 |
| $CO_3Sr$ | 147,5 | 3,7 | 39,87 | 2,73 | 4,49 | 3,25 |
| $CO_3Ba$ | 197,0 | 4,3 | 45,82 | 2,84 | 4,70 | 3,44 |
| $CO_3Pb$ | 266,9 | 6,6 | 40,44 | 2,75 | 4,51 | 3,26 |

Da die Krystallstructur der vorstehenden Mineralien, ihrer Winkel, Combinationen und besonders ihrer Zwillingsbildungen wegen, unzweifelhaft eine pseudohexagonale ist, so würden die Gesetzmäßigkeiten in der Abhängigkeit der Dimensionen der Structur von der Natur des jeweiligen Metalles wohl noch klarer hervortreten, wenn als topische Parameter die Diagonalen der Basis und die Höhe eines pseudohexagonalen Prismas angenommen würden (vergl. des Verf.s Einleitung in die chem. Krystallographie, 29); eine Neuberechnung dieser Größen wäre jedoch zur Zeit noch ziemlich zwecklos, weil die zu Grunde zu legenden Werte der Elemente, besonders aber die specifischen Gewichte der reinen Salze, nicht mit der erforderlichen Genauigkeit bekannt sind. Jedenfalls kann man schon aus der vorstehenden Tabelle ersehen, daß mit zunehmendem Atomgewichte des Metalles eine regelmäßige Zunahme der Dimensionen der Krystallstructur nur für die drei ersten Glieder der Reihe stattfindet, während beim Bleisalze fast alle Werte wieder auf diejenigen des Strontianits zurückfallen. Die vollkommene Isomorphie dieser vier Carbonate zeigt sich auch in dem häufigen Vorkommen isomorpher Mischungen derselben in der Natur: viele Aragonite enthalten etwas Strontium und umgekehrt fast alle Strontianite nicht unerhebliche Mengen Calcium, während eine Mischung mit größerem Calciumgehalte als besonderes Mineral »Emmonit« oder »Calciostrontianit« bezeichnet worden ist; »Alstonit« (»Bromlit«) ist eine isomorphe Mischung von $CO_3Ca$ und $CO_3Ba$ im Verhältnisse 1:1[4]) bis 2:1, deren Krystalle eine ähnliche Ausbildung wie

3) Becke, Anzeiger d. Akad. d. Wiss. Wien 1893, 206.

4) Das ebenso zusammengesetzte Mineral »Barytocalcit« s. unter den Doppelsalzen der Kohlensäure.

die des Witherit zeigen (von Interesse wäre die Vergleichung der topischen Parameter genau bestimmter Mischungen mit denen der Componenten); »Tarnowitzit« endlich ist Aragonit mit 2—5% $CO_3Pb$.

Während beim Calciumcarbonat die rhombische Modification die metastabile ist, scheint sie bei den drei anderen Carbonaten die stabile zu sein. Wenigstens wird für den Strontianit angegeben, daß er bei 820° (Le Chatelier[5])), nach Vernadsky[6]) schon bei 700°, eine reversible Umwandlung in die dem Calcit entsprechende trigonale Modification erfährt; daß er bei gewöhnlicher Temperatur wieder rhombisch ist, geht ferner aus den Beobachtungen Mügges[7]) hervor, welcher auch für das Baryumcarbonat die Existenz einer trigonalen Modification in höherer Temperatur vermutet; nur der Cerussit scheint keine Umwandlung zu erfahren. Eine trigonale Modification von Strontium- und Baryumcarbonat existiert ferner in isomorphen Mischungen: Bourgeois[7]) erhielt sowohl beim Schmelzen der gemischten Carbonate mit Alkalichloriden, als auch durch Erhitzen der gefällten Carbonate mit der Lösung eines Ammoniumsalzes optisch einaxige Krystalle vom Ansehen von Calcitrhomboëdern, welche Strontium bzw. Baryum enthielten. Ferner beobachtete Vater[8]) bei der Einwirkung von Kaliumcarbonat auf eine Lösung von $CaCl_2$ und $BaCl_2$ die Bildung von baryumhaltigen Calcitkrystallen; aus dem specifischen Gewichte der an Baryum reichsten (18,77% $CO_3Ba$) berechnete er die Dichte des trigonalen Baryumcarbonates zu 4,05, also wie bei $CO_3Ca$ niedriger als die der rhombischen Modification. In der Natur kommen sogar trigonal krystallisierende Mischungen von $CO_3Ba$ und $CO_3Ca$ vor, in welchen das erstere Salz vorherrscht, und auch ein Gehalt an Bleicarbonat findet sich in den Rhomboëdern des sogenannten »Plumbocalcit«. Umgekehrt vermag das für sich nur in der trigonalen Modification bekannte Zinkcarbonat in isomorpher Mischung mit Bleicarbonat auch rhombisch zu krystallisieren, denn das Mineral »Iglesiasit« ist ein Cerussit mit ca. $5\frac{1}{2}$% $CO_3Zn$, durch dessen Beimischung die Winkel der Krystalle nicht unerheblich beeinflußt werden.

S. 57 und 62 wurden bereits die merkwürdigen Beziehungen behandelt, in welchen einerseits Natriumnitrat zum Calcit, andererseits Kaliumnitrat zum Aragonit stehen. Während nun in einer Lösung von Natriumnitrat eine regelmäßige Auflagerung der sich bildenden Krystalle auf Calcit erfolgt, findet dies nach den Beobachtungen von Barker[9]) weder auf Dolomit, noch auf einem der anderen trigonalen Carbonate statt, deren Äquivalentvolumina und topischen Parameter in der Tat auch stärker abweichen. Was die Krystallisation des rhombischen Kaliumnitrates betrifft, so erfolgt diese nach Barker (l. c. 1151) in regelmäßiger Weise weder auf Aragonit, noch auf den damit isomorphen Krystallen von Witherit und Cerussit.

5) Le Chatelier, Bull. soc. chim. Paris 1887, **47**, 302.
6) Vernadsky, Verhandl. d. Univ. Moskau 1891, **1**, 9 (russ.). Ausz. Zeitschr. f. Kryst. **23**, 278.
7) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 464. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 276.
8) Vater, Zeitschr. f. Krystall. 1893, **21**, 462.
9) Barker, Transact. Chem. Soc. Lond. 1906, **89**, 1128.

## Magnesiumcarbonat = $CO_3Mg$

(nat. **Magnesit, Giobertit**).

Spec. Gew. 3,037 Neumann[10]), 3,017 Marchand und Scheerer[11]).

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 103^\circ 21\frac{1}{2}'$ ($a : c = 1 : 0{,}8095$) (nat. Kryst.).

Beim Erhitzen einer Lösung von $(CO_3)_2MgH_2$ im geschlossenen Rohre auf $150^\circ$ bilden sich nach Sénarmont[12]) mikroskopische Rhomboëder, ebenso, wenn man $SO_4Mg$ mit einer Lösung von $CO_3Na_2$ auf $160^\circ$ erhitzt.

Die natürlichen Krystalle zeigen gewöhnlich nur $\{100\}$, seltener: $\{10\bar{1}\}$, $\{111\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{20\bar{1}\}$, $\{\bar{2}11\}$ und $\{110\}$.

Spaltbarkeit nach $\{100\}$ vollkommen. Ätzfiguren der natürlichen Krystalle oft unsymmetrisch infolge von Inhomogenität.

Doppelbrechung negativ, stark; Brechungsindices für $D$: $\omega = 1{,}717$, $\varepsilon = 1{,}515$ (Mallard, nat. Kryst.).

Thermischer Ausdehnungscoëfficient

parallel der Axe: $\alpha = 0{,}00002130$ (Fizeau, nat. Kryst.),

senkrecht zur Axe: $\alpha = 0{,}00000599$.

## Calciumcarbonat = $CO_3Ca$.

### Trigonale Modification

(nat. **Calcit, Kalkspat**).

Spec. Gew. 2,712 Vater[8]), 2,750 Neumann[10]) (die übrigen älteren Bestimmungen zwischen 2,70 und 2,72).

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 101^\circ 55'$ ($a : c = 1 : 0{,}8543$) (nat. Kryst.).

Entsteht beim Erhitzen aus Aragonit (G. Rose[13]), Klein[14]), Mügge[15])). Aus der Schmelze von $NaCl$ und $KCl$ krystallisiert nach Bourgeois[16]) $CO_3Ca$ in Combinationen von $\{100\}$ mit $\{111\}$.

Lösungen von $CO_3Ca$ in kohlensäurehaltigem Wasser setzen nach G. Rose[13]) beim Stehen an der Luft in gewöhnlicher Temperatur mikroskopische Rhomboëder $\{100\}$, zuweilen mit kleinen Flächen $\{111\}$, ab; zwischen $30^\circ$ und $70^\circ$ bildet sich daneben Aragonit und zwar um so mehr, je weniger Kohlensäure, und infolge dessen Calciumcarbonat, die Lösung enthält. Credner[17]) erhielt aus kalt gesättigter Bicarbonatlösung außer $\{100\}$ und $\{111\}$ auch kleine Flächen von $\{11\bar{1}\}$?, ebenso bei Zusatz von Bleicarbonat, ferner bei Zusatz von Alkalisilicaten mannigfache rhomboëdrische und skalenoëdrische Combinationen. Friedel und Sarasin[18]) beobachteten an gefälltem $CO_3Ca$, welches mit Wasser und $CaCl_2$ im geschlossenen Rohre auf $500^\circ$ erhitzt worden war, außer $\{100\}$

---

10) Neumann, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1831, **23**, 1.

11) Marchand u. Scheerer, Journ. f. prakt. Chemie 1850, **50**, 395. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1850, **80**, 318.

12) H. de Sénarmont, Ann. chim. phys. 1850, (3) **30**, 137 und 1851, (3) **32**, 148.

13) G. Rose, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1837, **42**, 353. Abhandl. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1856, 1; 1858, 63. Monatsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1860, 363 u. 575. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1860, **111**, 156.

14) Klein, N. Jahrb. f. Min. usw. 1884, **2**, 49. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 333.

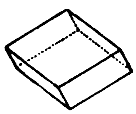
15) Mügge, N. Jahrb. f. Min. usw. 1901, Beil.-Bd. **14**, 246. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 628.

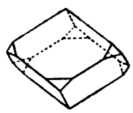
16) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1882, **5**, 111. Ann. chim. phys. 1883, (5) **29**, 493.

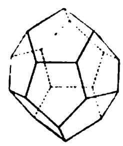
17) Credner, Journ. f. prakt. Chemie 1870, (2) **2**, 292.

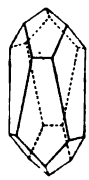
18) Friedel u. Sarasin, Bull. soc. fr. min. 1885, **8**, 304. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **12**, 655.

auch $\{111\}$; Bourgeois[19]) fand mit $\{100\}$ combiniert noch andere Rhomboëder an Krystallen, welche sich durch Zersetzung eines Calciumsalzes mittels Ammoniumcarbonat bei 150°—180° gebildet hatten, während bei wiederholtem Erhitzen von gefälltem $CO_3Ca$ in einer wässerigen Lösung von Ammoniumcarbonat auf 150°—180° nur $\{100\}$ entstand. Die umfangreichsten Untersuchungen über die Krystallisation des Calciumcarbonates, besonders über die Einwirkung anderer in der Lösung enthaltener Substanzen (Lösungsgenossen), stellte Vater[20]) an; dieselben ergaben, daß $\{100\}$ die von Lösungsgenossen unbeeinflußte Form der aus kohlensaurer wässeriger Lösung bei niedriger Temperatur entstehenden Krystalle darstellt; das Auftreten anderer Formen wurde durch Zusatz von $NaCl$, $KCl$, $NO_3Na$, $NO_3K$, $SO_4Na_2$, $SO_4Ca.2H_2O$, $CO_3Ba$ oder von mehreren dieser Salze gleichzeitig bewirkt, und zwar bildet sich zuweilen die gleiche Combination unter verschiedenen Bedingungen; beobachtet wurden außer $\{100\}$, $\{111\}$ und $\{11\bar{1}\}$ noch folgende spitze negative Rhomboëder: $\{22\bar{3}\}$, $\{55\bar{7}\}$, $\{33\bar{5}\}$, $\{7.7.\overline{11}\}$ und einige zu $\{22\bar{3}\}$ vicinale; die Combinationen dieser Formen sind aus beistehenden Figuren 560—565 zu ersehen. Aufnahme von färbenden


Fig. 560.


Fig. 561.


Fig. 562.


Fig. 563.

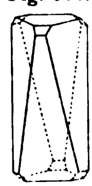

Fig. 564.


Fig. 565.

Substanzen dagegen beeinflußt die Form der Krystalle nicht, sondern nur ihre Wachstumsgeschwindigkeit. Nur Calcit (kein Aragonit) entsteht aus Lösungen von geringem Kohlensäuregehalte bei gewöhnlicher Temperatur, ebenso aus Kalksulfat enthaltenden Lösungen und bei der Einwirkung von Alkalicarbonatlösungen auf Gyps und Anhydrit.

Die Formen, welche in den mannigfachen Combinationen der aus Lösungen verschiedener Art entstandenen natürlichen Calcitkrystalle am häufigsten vorkommen, sind: $\{100\}$, $\{110\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{111\}$, $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\{20\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{201\}$, $\{301\}$, $\{3\bar{1}\bar{1}\}$, $\{3\bar{2}\bar{2}\}$ usw. Zwillinge nach $\{111\}$, $\{110\}$, $\{100\}$ u. a. Gesetzen.

Spaltbarkeit nach $\{100\}$ vollkommen. Gleitflächen $\{110\}$. Die Ätzfiguren auf $\{100\}$ werden durch Skalenoëder der Kantenzone derselben Form gebildet.

Über die beim Ätzen von Calcitkugeln entstehenden Lösungskörper s. Goldschmidt und Wright, N. Jahrb. f. Min. usw. 1903, Beil.-Bd. **17**, 355 und 1904, **18**, 335; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 521 und **42**, 641.

Elasticitätsconstanten der nat. Krystalle s. Voigt, Nachr. d. Ges. d. Wiss. Göttingen 1889, 483; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 485.

Brechungsindices nach Dufet[21]), Carvallo[22]) und Martens[23]) für $t =$ 18°—20°:

---

19) Bourgeois, Compt. rend. 1886, **103**, 1088. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **13**, 426.

20) Vater, Zeitschr. f. Krystall. 1893, **21**, 433; 1894, **22**, 209; 1895, **24**, 366, 378; 1897, **27**, 477; 1899, **30**, 295, 485; **31**, 538.

21) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1893, **16**, 165. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 315.

22) Carvallo, Journ. d. phys. 1890, (2) **9**, 257; 1900, (3) **9**, 465. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **35**, 629.

23) Martens, Ann. d. Phys. 1901, (4) **6**, 603; 1902, (4) **8**, 459. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 521; **39**, 409.

| Linie λ | | Dufet: | Carvallo: | Martens: | | Dufet: | Carvallo: | Martens: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *A* 760: | $\omega =$ | — | 1,65005 | — | $\varepsilon =$ | — | — | — |
| *Li* 671: | | 1,65368 | 1,65369 | 1,65367 | | 1,48433 | 1,48431 | 1,48426 |
| $H_\alpha$ 656: | | 1,65440 | — | 1,65437 | | 1,48465 | — | 1,48459 |
| *Na* 589: | | 1,65837 | 1,65837 | 1,65835 | | 1,48645 | 1,48643 | 1,48640 |
| *Cd* 533: | | — | 1,66276 | 1,66277 | | — | 1,48843 | 1,48841 |
| $H_\beta$ 486: | | 1,66785 | 1,66785 | 1,66785 | | 1,49080 | — | 1,49074 |
| $H_\gamma$ 434: | | 1,67553 | — | 1,67552 | | 1,49434 | — | 1,49430 |
| *H* 396: | | — | 1,68320 | — | | — | — | — |

Über die Brechung ultraroter und ultravioletter Strahlen in Kalkspate liegen zahlreiche Messungen vor von Carvallo[22]), Sarasin[24]) und Martens[23]).

Die Änderung der Brechungsindices für *Na* in Einheiten der 5. Decimale bei 1° Temperaturzunahme beträgt für 1° nach Fizeau[25]) für 1°: bei $\omega + 0{,}072$, bei $\varepsilon + 1{,}103$.

Polarisierte Fluorescenz s. Sohncke, Ann. d. Phys. 1896, **58**, 417; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **30**, 619.

Thermischer Ausdehnungscoëfficent parallel der Axe: $\alpha = + 0{,}0000262$, senkrecht zur Axe: $\alpha_, = - 0{,}0000054$ Fizeau.

Magnetisches Verhalten s. König, Ann. d. Phys. 1887, **31**, 273; **32**, 222; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 332.

### Rhombische Modification
### (nat. Aragonit).

Spec. Gew. 2,926—2,933 (Neumann, Mohs, Haidinger, Kopp).

Rhombisch bipyramidal.

$$a : b : c = 0{,}6228 : 1 : 0{,}7204$$ Beckenkamp (nat. Kryst.).

Bildet sich nach Vater[20]) aus der Lösung in kohlensäurehaltigem Wasser, wenn dieselbe keine anderen Salze enthält, nicht unter 30°. G. Rose[13]) erhielt Aragonit von 30° ab neben Calcit, über 70° vorwiegend, in langen sechsseitigen Prismen, zuweilen auch in spitzen Bipyramiden. Nach Credner[17]) krystallisiert Aragonit in langprismatischen oder spießigen Formen auch bei gewöhnlicher Temperatur aus Lösungen, welche erhebliche Mengen $CO_3Sr$ und $CO_3Pb$ enthalten, wobei diese Carbonate mit dem Aragonit isomorphe Mischungen bilden. Michel[26]) beobachtete an Krystallen, welche durch allmähliche Verdunstung einer Lösung bei gewöhnlicher Temperatur entstanden waren, die Combination {110}, {010}, {001}, {011}.

Die natürlichen Aragonitkrystalle zeigen am häufigsten die Formen: {110}, {010}, {001}, {011}, {021}, verschiedene spitze {0*kl*} und {*hkl*} und meist einen pseudohexagonalen Charakter, welcher sich auch in der gewöhnlichen Zwillingsbildung nach {110} ausprägt.

Spaltbarkeit nach {010} deutlich, nach {110} und {011} unvollkommen. Über die Ätzfiguren der natürlichen Krystalle liegen umfangreiche Untersuchungen vor, in neuerer Zeit besonders von Beckenkamp[27]).

24) Sarasin, Arch. sc. phys. nat. Genève 1882, (3) 8, 394. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 605.

25) Fizeau, Ann. chim. phys. 1862, (3) **66**, 429. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1863, **119**, 87.

26) Michel, Bull. soc. fr. min. 1904, **27**, 220. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 196.

27) Beckenkamp, Zeitschr. f. Krystall. 1891, **19**, 242; 1892, **20**, 161; 1900, **32**, 24.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {100}, 1. Mittellinie Axe *c*. Brechungsindices nach Mühlheims[28]) und Offret[29]):

| Linie λ | Mühlheims: | Offret: | Mühlheims: | Offret: | Mühlheims: | Offret: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *B* 687: | $\alpha$ = 1,52732 | — | $\beta$ = 1,67579 | — | $\gamma$ = 1,68007 | — |
| *Li* 671: | — | 1,52772 | — | 1,67671 | — | 1,68114 |
| *C* 656: | 1,52788 | — | 1,67722 | — | 1,68154 | — |
| *D* 589: | 1,52998 | 1,53000 | 1,68098 | 1,68116 | 1,68541 | 1,68570 |
| *E* 527: | 1,53245 | — | 1,68581 | — | 1,69038 | — |
| *Cd* 508: | — | 1,53341 | — | 1,68774 | — | 1,69244 |
| *F* 486: | 1,53456 | — | 1,68997 | — | 1,69467 | — |

Die aus Mühlheims' Werten berechneten Axenwinkel sind: $2V = 18^\circ 4'$ (*B*), $18^\circ 8'$ (*C*), $18^\circ 10\frac{1}{2}'$ (*D*), $18^\circ 19'$ (*E*), $18^\circ 22\frac{1}{2}'$ (*F*). Direct beobachtete Kirchhoff[30]): $2V = 18^\circ 7'$ (*C*), $18^\circ 11'$ (*D*), $18^\circ 17'$ (*E*); $2E = 30^\circ 40'$ (*C*), $30^\circ 52'$ (*D*), $31^\circ 7'$ (*E*). Nach Offret nehmen alle drei Indices mit steigender Temperatur ab, und zwar $\alpha$ um 0,0000138, $\beta$ um 0,0000248, $\gamma$ um 0,0000274 für 1°; $2V$ (ber.) nimmt von 0°—300° um 1°30′ ab; Des Cloizeaux[31]) beobachtete für Rot $2E = 30^\circ 40'$ bei 7°, 29°58′ bei 171°.

Thermische Ausdehnungscoëfficienten nach Fizeau:

‖ *a*-Axe: 0,00001016, ‖ *b*-Axe: 0,00001719, ‖ *c*-Axe: 0,0003460.

Diamagnetismus am stärksten ‖ der *c*-Axe, am schwächsten ‖ der *b*-Axe (Grailich und Lang[32])).

### Calciummagnesiumcarbonat (nat. Dolomit) = $(CO_3)_2MgCa$.

Spec. Gew. 2,914—2,924 (Neumann, Tschermak).

Rhomboëdrisch. $\alpha = 102^\circ 53'$ ($a : c = 1 : 0,8322$ Miller) (nat. Kryst.).

Die Verbindung ist mehrfach dargestellt worden, doch fehlen nähere Angaben über die erhaltenen Krystalle.

Der natürliche Dolomit zeigt am häufigsten {100}, ferner {3$\bar{1}\bar{1}$}, {10$\bar{1}$}, {20$\bar{1}$} und andere Rhomboëder 3. Art; Zwillinge nach {2$\bar{1}\bar{1}$}, seltener nach {100}, Zwillingslamellen nach {11$\bar{1}$}.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen. Elasticitätsverhältnisse s. Voigt, Ann. d. Phys. 1890, **40**, 642; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 116. Über die Ätzfiguren s. besonders Baumhauer, Die Resultate der Ätzmethode, Leipzig 1894, 60; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 522.

Doppelbrechung negativ; für *Na*: $\omega = 1,68174$, $\varepsilon = 1,50256$ Fizeau.

Thermischer Ausdehnungscoëfficient ‖ der Axe: $\alpha = +0,00001968$, ⊥ zur Axe: $\alpha_{,} = +0,00000367$ Fizeau.

Magnetische Eigenschaften s. Voigt, Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. Göttingen 1901, 1; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 624.

### Manganocarbonat = $CO_3Mn$
**(nat. Rhodochrosit, Dialogit, Manganspat).**

Spec. Gew. 3,65 Schulten (3,55—3,66 nat. Kryst.).

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 102^\circ 50'$ ($a : c = 1 : 0,8259$) Schulten[33]).

28) Mühlheims, Zeitschr. f. Krystall. 1888, **14**, 202.
29) Offret, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 405. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 294.
30) Kirchhoff, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1859, **108**, 574.
31) Des Cloizeaux, Manuel de Minéralogie, Paris 1874, **2**, 90.
32) Grailich u. V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **32**, 59.
33) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1897, **20**, 196. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 75.

Sénarmont[12]) stellte das Salz als krystallinisches Pulver dar durch Erhitzen einer wässerigen Lösung von $MnCl_2$ und $CO_3Na_2$ auf 160° im geschlossenen Rohre; Hoppe-Seyler[31]) erhielt es in mikroskopischen stumpfen Rhomboëdern durch Erhitzen einer Lösung von Manganvitriol mit überschüssigem kohlensauren Calcium auf 200°. Die von Schulten gemessenen Krystalle stellte Dieser durch Erhitzen einer Lösung von gefälltem $CO_3Mn$ in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser dar; es waren mikroskopische, fast farblose Rhomboëder von ca. 73° 25′ Flächenwinkel mit negativer Doppelbrechung.

Die natürlichen Krystalle zeigen gewöhnlich nur {100}, doch kommen auch die Skalenoëder {20$\bar{1}$} und {30$\bar{2}$} als vorherrschende Formen vor, ferner {111} und {3$\bar{1}\bar{1}$} u. a.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark. An eisenhaltigen natürlichen Krystallen bestimmte Ortloff[35]) den Brechungsindex $\varepsilon$ für $Na = 1,5973$.

## Ferrocarbonat = $CO_3Fe$

(nat. Siderit, Chalybit, Eisenspat).

Spec. Gew. 3,83—3,88 (nat. Kryst.).

Trigonal skalenoëdrisch.

$$\alpha = 103° 4\tfrac{1}{2}'$$ ($a : c = 1 : 0,8191$ Breithaupt) (nat. Kryst.).

Sénarmont[12]) (l. c. 133 bzw. 150) erhielt Rhomboëder beim Erhitzen einer Eisensalzlösung mit $CO_3NaH$ und freier Kohlensäure oder mit $CO_3Ca$ auf über 200°, Hoppe-Seyler[34]) ebenso aus einer Lösung von Eisenvitriol mit überschüssigem Calciumcarbonat bei 200°. Von den so dargestellten mikroskopischen Krystallen existieren keine Messungen.

Die natürlichen Krystalle zeigen gewöhnlich nur {100}, ferner nicht selten {111}, {3$\bar{1}\bar{1}$} u. a. Formen.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen. Ätzfiguren s. Baumhauer, Die Resultate der Ätzmethode, Leipzig 1894, 67; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 522.

Doppelbrechung negativ, stark. An natürlichen Krystallen, welche nur wenig $Mn$, $Mg$ und $Ca$ enthielten, fand Hutchinson die Brechungsindices:

| | $\omega$ | $\varepsilon$ |
|---|---|---|
| für $Li$: | 1,8642—1,8655 | 1,6278—1,6306 |
| » $Na$: | 1,8722—1,8734 | 1,6310—1,6342 |
| » $Tl$: | 1,8798—1,8812 | 1,6344—1,6377 |

## Zinkcarbonat = $CO_3Zn$

(nat. Smithsonit, Calamin, Galmei).

Spec. Gew. 4,42—4,45 (nat. Kryst.).

Trigonal skalenoëdrisch.

$$\alpha = 103° 28'$$ ($a : c = 1 : 0,8062$ Breithaupt) (nat. Kryst.).

Dargestellt von Sénarmont[12]) als krystallinisches Pulver, von G. Rose[36]) in mikroskopischen Rhomboëdern erhalten beim Stehenlassen einer mit Kaliumbicarbonat gefällten Zinkvitriollösung; kleine Rhomboëder erhielt auch Bourgeois[37]) beim Erhitzen von metallischem Zink mit Selterswasser auf 100° im geschlossenen Rohre.

34) Hoppe-Seyler, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1875, **27**, 529.
35) Ortloff, Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **19**, 216.
36) G. Rose, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1852, **85**, 132.
37) Bourgeois, Reprod. artif. d. min. (Encycl. chim. **2**, Paris 1884), 144.

Die natürlichen Krystalle zeigen am häufigsten {100}, nicht selten auch spitze negative Rhomboëder.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark. $\varepsilon = 1,6177$ Ortloff (nat. Kryst.).

### Cadmiumcarbonat = $CO_3Cd$.

Spec. Gew. 4,960 Schulten[33] (ältere Bestimmungen: 4,26—4,49).

Trigonal skalenoëdrisch.

$$\alpha = 102^\circ 30' \ (a : c = 1 : 0,8363) \text{ Schulten}^{33}).$$

In Rhomboëdern erhalten von Bourgeois[19] durch Erhitzen von gefälltem $CO_3Cd$ mit einer Lösung von $NH_4Cl$ auf 150°—180°, von Schulten (l. c. 195) im offenen Gefäße durch Erhitzen einer verdünnten Lösung, in welcher aus Chlorid gefälltes Cadmiumcarbonat durch Ammoniak gelöst war; Letzterer bestimmte den oben angegebenen Kantenwinkel von {100}.

Natürlich findet sich das Salz nur untergeordnet in isomorpher Mischung im Smithsonit.

### Strontiumcarbonat = $CO_3Sr$
(nat. Strontianit).

Spec. Gew. 3,680—3,716 Damour (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$$a : b : c = 0,6090 : 1 : 0,7237 \text{ Hessenberg (nat. Kryst.).}$$

Nach Bourgeois[37] (l. c. 146) erhält man rhombische Prismen von der Form des Aragonites durch Fällung einer heißen Lösung eines Strontiumsalzes durch Ammoniumcarbonat. Derselbe[38] erhielt aus der Lösung von gefälltem $CO_3Sr$ in geschmolzenem Natrium- oder Kaliumchlorid prismatische Combinationen {110} {010}, am Ende {011}. Später stellte er[19] Krystalle, kurze rhombische Prismen {110} {010} mit {021}, dar durch wiederholtes Erhitzen des gefällten Carbonates mit einer wässerigen Lösung von Ammoniumcarbonat auf 150°—180°.

Die natürlichen Krystalle zeigen als häufigste Formen: {110}, {010}, {001}, {011}, {021} und spitze Bipyramiden und Prismen 1. Art; gewöhnlich Zwillinge nach {110}.

Spaltbarkeit nach {110} deutlich, nach {021} und {010} unvollkommen (nat. Kryst.).

Doppelbrechung negativ; Axenebene {100}, Axe $c$ 1. Mittellinie. Brechungsindices nat. Krystalle nach Buchrucker (corr.):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2E$ | $2V$(ber.) |
|---|---|---|---|---|---|
| für $Li$: | 1,5145 | 1,657 | 1,659 | 10° 30′ | 6° 20′ |
| » $Na$: | 1,5155 | 1,664 | 1,666 | 10 36 | 6 22 |
| » $Tl$: | 1,5195 | 1,672 | — | 10 54 | 6 30 |

Mallard fand für $Na$: $\alpha = 1,518$, $\beta = 1,664$, $\gamma = 1,665$.

### Baryumcarbonat = $CO_3Ba$
(nat. Witherit).

Spec. Gew. 4,28—4,37 (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$$a : b : c = 0,5949 : 1 : 0,7413 \text{ Miller (nat. Kryst.).}$$

Aus der Schmelze von $NaCl$ oder $KCl$ erhielt Bourgeois[38] pseudohexagonale Täfelchen nach {001}, begrenzt von {110} und {010}, mit Zwillings-

38) Bourgeois, Compt. rend. 1882, **94**, 991. Bull. soc. fr. min. 1882, **5**, 112. Ann. chim. phys. 1883, (5) **29**, 492. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 402.

lamellen nach {110}. Prismatische Krystalle wurden mehrfach durch die bei Aragonit und Strontianit erwähnten Methoden erhalten.

Die natürlichen Krystalle sind gewöhnlich pseudohexagonale Bipyramiden, gebildet von den Formen {011}, {021}, {010} u. a. dreier nach {110} durcheinander gewachsener Krystalle.

Spaltbarkeit nach {010} deutlich, nach {110} und {021} unvollkommen (nat. Kryst.).

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}, 1. Mittellinie Axe $c$, $2E = 26^\circ 30'$ mit kaum merklicher Dispersion $\varrho > v$; $\beta = 1,740$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

### Bleicarbonat = $CO_3Pb$
(nat. **Cerussit**).

Spec. Gew. 6,574 Damour (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6102:1:0,7232$ Kokscharow (nat. Kryst.).

Das Salz kann auf verschiedenen Wegen in rhombischen oder pseudohexagonalen Prismen erhalten werden; meßbare Krystalle der Combination {110}, {010}, {021} stellte Bourgeois[19]) dar durch Erhitzen des gefällten $CO_3Pb$ mit Ammoniumcarbonatlösung auf 150°—180° und Riban[39]) durch Erhitzen von Bleiformiat mit Wasser im geschlossenen Rohre; Ersterer erhielt durch Einwirkung von Ammoniumcarbonat auf ein Bleisalz in hoher Temperatur pseudohexagonale Bipyramiden (Drillinge?); ähnliche Krystalle beobachtete Drevermann[40]) als zufälliges Nebenproduct bei der Darstellung von Bleichromat durch langsame Diffusion der Lösungen von $(NO_3)_2Pb$ und $CrO_4K_2$. Bei Einleitung von $CO_2$ in eine Chlornatrium enthaltende Lösung von Bleiacetat bilden sich nach Schulten[41]) Krystalle der Combination {111}, {110}, sämtlich Zwillinge nach {110}.

Die häufigsten Formen der natürlichen Krystalle sind: {010}, {110}, {111}, {021}; gewöhnliche Zwillingsbildung nach {110}, weniger häufig nach {130}.

Spaltbarkeit nach {110} und {021} deutlich (nat. Kryst.).

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}, 1. Mittellinie Axe $c$; Brechungsindices der natürlichen Krystalle nach Schrauf:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ | $2E$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Linie $B$: | 1,7915 | 2,0595 | 2,0613 | 8° 22′ | 17° 17′ |
| » $D$: | 1,8037 | 2,0763 | 2,0780 | 8 14 | 17 8 |
| » $E$: | 1,8164 | 2,0919 | 2,0934 | 7 35 | 15 55 |

Für $D$ fand Negri[42]):

$$\alpha = 1,8036, \qquad \beta = 2,0765, \qquad \gamma = 2,0786.$$

$2E$ nimmt mit steigender Temperatur merklich zu.

## Hydrate und Ammoniakverbindungen normaler Carbonate mehrwertiger Metalle.

Die kohlensauren Salze der vorhergehenden Gruppe bilden zum Teil Verbindungen mit Wasser in verschiedenen Verhältnissen. Den geringsten

39) Riban, Compt. rend. 1880, **93**, 1026. Bull. soc. chim. Paris **33**, 108.

40) Drevermann, Ann. d. Chemie u. Pharm. 1853, **87**, 120; **89**, 39. Phil. Mag. (4) **6**. 453.

41) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1897, **20**, 194. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 75.

42) Negri, Atti R. Ist. Ven. 1888. Rivista d. min. e crist. ital. 1889, **4**, 41. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 319.

Wassergehalt besitzt das rhombisch krystallisierte **Zinkcarbonat-Monohydrat** $= CO_3Zn.H_2O$. Vom Magnesium ist die entsprechende Verbindung nicht gemessen worden, dagegen die folgenden, in weniger hoher Temperatur entstehenden Hydrate: **Magnesiumcarbonat-Trihydrat** $= CO_3Mg.3H_2O$, welches rhombisch krystallisiert; **Magnesiumcarbonat-Tetrahydrat** $= CO_3Mg.4H_2O$, monoklin, und das ebenfalls monokline **Magnesiumcarbonat-Pentahydrat** $= CO_3Mg.5H_2O$. Vom Berylliumcarbonat existiert nur das Tetrahydrat, dessen Krystalle vermuthlich mit denen des entsprechenden Magnesiumsalzes isomorph sind, von denen jedoch keine Messungen vorliegen. Ebenso wenig ist das von J. Roth[1]) u. A. dargestellte $CO_3Ca.5H_2O$ krystallographisch untersucht worden, so daß auch hier die Vergleichung mit der analogen Magnesiumverbindung nicht möglich ist.

Unter den Carbonaten dreiwertiger Metalle kommt eines in der Natur vor, der rhombische Lanthanit, d. i. **Lanthancarbonat-Oktohydrat** $= (CO_3)_3La_2.8H_2O$, für welchen früher irrtümlich ein Gehalt von $9H_2O$ angenommen wurde. Damit ist jedenfalls isomorph das nur unvollständig meßbare Salz **Didymcarbonat-Oktohydrat** $= (CO_3)_3Di_2.8H_2O$.

Endlich existieren noch ältere Messungen des rhombischen **Hexammin-Kobaltcarbonat-Hexahydrat** (Luteokobaltcarbonat) $= (CO_3)_3(Co.6NH_3)_2.6H_2O$ und eines monoklinen Salzes, welches sich von jenem durch einen etwas höheren Gehalt an Kohlensäure unterscheiden soll; diese Untersuchung bedarf jedenfalls einer Revision.

### Zinkcarbonat-Monohydrat = $CO_3Zn.H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8316:1:0{,}5994$ Belar[2]).

Aus Lösungen von Zinkcarbonat in Ammoniumcarbonatlösung erhielt Belar, besonders leicht bei Zusatz von Kupfercarbonat, farblose Krystalle des Salzes, Tafeln nach $b\{010\}$, begrenzt von $m\{110\}$ und dem zuweilen unvollzählig entwickelten $o\{111\}$; untergeordnet $a\{100\}$, $r\{101\}$ und $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 79°30'$ | $78°53'-79°58'$ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 51\ 52$ | $51\ 37-52\ \ 4$ |
| $o:m = (111):(110)$ | $= 46\ 51$ | $46\ 20-47\ 35$ |
| $o:m' = (111):(1\bar{1}0)$ | $= 82\ 50$ | $82\ 24-82\ 50$ |
| $r:a = (101):(100)$ | $= 54\ 13$ | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Durch die Tafelfläche kein Axenbild sichtbar.

### Magnesiumcarbonat-Trihydrat = $CO_3Mg.3H_2O$
(nat. **Nesquehonit**).

Spec. Gew. 1,852 Penfield (nat. Kryst.).

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}6450:1:0{,}4568$ Penfield[3]) (nat. Kryst.).

---

1) J. Roth, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1855, **95**, 172. Neuerdings hat Bütschli in einer vorläufigen Mitteilung (Biolog. Centralbl. 1907, **27**, 462) angegeben, daß das Salz monoklin krystallisiere und nicht 5, sondern 6 Mol. $H_2O$ enthalte.

2) Belar, Zeitschr. f. Krystall. 1890, **17**, 124.

3) Genth u. Penfield, Amer. Journ. Sc. 1890, (3) **39**, 121. Zeitschr. f. Krystall. 1890, **17**, 561.

Die Verbindung bildet sich leicht beim Stehenlassen einer Lösung von $CO_3Mg$ in kohlensäurehaltigem Wasser. Marignac[4]) erhielt es in stark gestreiften sechsseitigen Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$, am Ende $c\{001\}$ und zuweilen noch klein $q\{011\}$; Penfield beobachtete an den künstlich dargestellten Krystallen nur $m\{110\}$, mit oder ohne $b\{010\}$, und $c\{001\}$.

Die natürlichen Krystalle zeigen die von Marignac angegebene Combination.

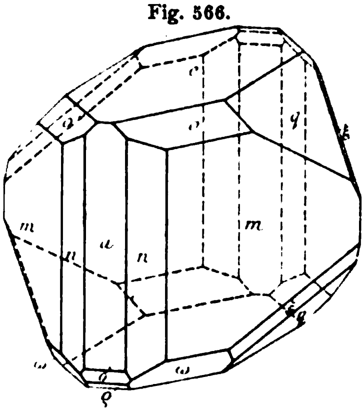
| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Beobachtet: Penfield: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 65° 36′ | 64° | 66° |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 49 6 | 47 | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ ziemlich vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; die optischen Axen stehen nahezu senkrecht zu $m\{110\}$, daher Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1{,}495$, $\beta = 1{,}501$, $\gamma = 1{,}526$; $2E = 83°55'$ $Li$, $84°15'$ $Na$, $84°22'$ $Tl$. Aus $2E$ und $\beta$ folgt $2V = 53°5'$ für $Na$.

## Magnesiumcarbonat-Tetrahydrat = $CO_3Mg.4H_2O$.

Fig. 566.




Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}6366:1:0{,}9653$;
$\beta = 101°33'$ Marignac[4]).

Die von Marignac (l. c. 250 bzw. 394) gemessenen und analysierten Krystalle waren bei sehr langsamer Verdunstung der Kohlensäure aus einer Lösung von $CO_3Mg$ in mit $CO_2$ gesättigtem Wasser entstanden. Sie zeigten die Formen (Fig. 566): $m\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $n\{210\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\xi\{12\bar{1}\}$. An der Luft verwitternd.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *116° 6′ |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 77° 26′ | 77 30 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 73 51 | 73 42 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 86 49 | 86 40 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 83 47 | 83 48 |
| $\xi:\xi = (12\bar{1}):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | 121 44 | — |
| $c:a = (001):(100) =$ | 78 27 | 78 20 |
| $c:\varrho = (001):(\bar{1}01) =$ | 33 14 | 33 10 |
| $c:\sigma = (001):(\bar{2}01) =$ | 56 33 | 56 20 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *83 55 |
| $c:n = (001):(210) =$ | 81 1 | 80 50 |
| $c:o = (001):(111) =$ | — | *44 45 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 51 30 | 51 23 |
| $c:\xi' = (001):(\bar{1}21) =$ | 65 58 | 66 20 |
| $a:o = (100):(111) =$ | 59 53 | 59 51 |
| $a:q = (100):(011) =$ | 81 38 | 81 35 |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | 74 2 | 74 20 |
| $q:\xi' = (011):(\bar{1}21) =$ | 26 22 | 26 26 |

4) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, 14, 252. Oeuvres 1, 396.

### Magnesiumcarbonat-Pentahydrat = $CO_3Mg.5H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}1156:1:1{,}7817;\quad \beta = 107^\circ 40'$$ Brooke[5]).

Das Salz bildet sich aus kohlensäurehaltigen Lösungen unter 16°. Nach Brooke sind die Krystalle nach der $b$-Axe prismatische Combinationen von $a\{100\}$ und $c\{001\}$, an den Enden: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$. Verwitternd.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *93° 30′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *59 30 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *78 0 |

### Lanthancarbonat-Oktohydrat = $(CO_3)_3La_2.8H_2O$
(nat. Lanthanit).

Spec. Gew. 2,67 (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}9528:1:0{,}9022$$ Lang (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet dünne Tafeln $\{001\}$ mit den Randflächen $\{110\}$, $\{100\}$, $\{111\}$.

Spaltbarkeit nach $\{001\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene $\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2E = 108^\circ 1'$ rot, $108^\circ 39'$ blau.

### Didymcarbonat-Oktohydrat = $(CO_3)_3Di_2.8H_2O$.

Spec. Gew. 2,861 Cleve[6]).

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}9562:1:?$.

Dargestellt von Cleve[6]). Nach Morton[7]) sind die Krystalle kleine hellrote Tafeln nach $c\{001\}$, begrenzt von $m\{110\}$ und $b\{010\}$.

$$m:m = (110):(1\bar{1}0) = 87^\circ 26'$$ beob.

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$, Axenwinkel ähnlich dem des Lanthanit.

### Hexammin-Kobaltcarbonat-Hexahydrat (Luteokobaltcarbonat) = $(CO_3)_3(Co.6NH_3)_2.6H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}6148:1:0{,}6460$ Dana[8]).

Dargestellt von Gibbs und Genth[8]). Sechsseitige Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$, combiniert mit $q\{011\}$.

$$m:m = (110):(1\bar{1}0) = 63^\circ 10'$$ beob.

$$q:q = (011):(0\bar{1}1) = 65\ 44$$ »

A. a. O. S. 340 wird außerdem noch ein zweites Luteokobaltsalz beschrieben, welches 1 Mol. $CO_2$ mehr enthalten soll; dasselbe krystallisiert monoklin und hat nach Rammelsbergs Berechnung die Elemente:

$$a:b:c = 1{,}131:1:0{,}819;\quad \beta = 108^\circ 16'.$$

Prismatische Combinationen von $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, untergeordnet: $b\{010\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$.

5) Brooke, Annals of Philos. Lond. 1823, **22**, 375.

6) Cleve, K. Ges. d. Wiss. Upsala 1885. Bull. soc. chim. Paris 1885, (2) **43**, 359.

7) Morton, Öfvers. K. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1885, **6**, 189. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **12**, 518.

8) Gibbs u. Genth (Mess. v. J. Dana), Amer. Journ. Sc. 1857, (2) **23**, 339.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *94° 6′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | 77° 40′ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *71 44 |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | — | *68 14 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 40 14 | 40 10 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 57 54 | — |

## Basische Carbonate und analoge halogenhaltige Verbindungen mehrwertiger Metalle.

Das gewöhnlichste der in der Natur vorkommenden basischen kohlensauren Salze des Kupfers, der Malachit d. i. **Cuprihydroxycarbonat** = $CO_3(Cu.OH)_2$ krystallisirt monoklin. Die durch langsame Einwirkung von lufthaltigem Wasser auf metallisches Blei entstehende Verbindung $CO_3(Pb.OH)_2$ bildet dünnblätterige Krystalle, ist aber nicht gemessen; möglicherweise ist damit identisch das zuerst von Nordenskiöld als »Hydrocerussit« beschriebene Mineral (dieser Name wurde später auf das hexagonale Salz $(CO_3)_2Pb(Pb.OH)_2$ angewendet), welches vierseitige Blättchen bilden soll, denn die Verbindung, welche sich von jener durch Substitution von Chlor für Hydroxyl ableitet, das Mineral Phosgenit, d. i. **Bleichlorocarbonat** = $CO_3(PbCl)_2$ krystallisiert tetragonal, ebenso das unzweifelhaft damit isomorphe **Bleibromocarbonat** = $CO_3(PbBr)_2$, welches Schulten[1]) in ebenso ausgebildeten, optisch einaxigen Krystallen vom spec. Gew. 6,550 durch Überleiten von $CO_2$ über eine verdünnte Lösung von $PbBr_2$ erhielt.

Das $1\frac{1}{2}$fach basische kohlensaure Kupfer, **Cuprihydroxycarbonat** = $(CO_3)_2Cu(Cu.OH)_2$, tritt als Mineral in sehr flächenreichen monoklinen Krystallen auf. Nach derselben Formel zusammengesetzt, aber nicht damit isomorph, ist das oben erwähnte **Bleihydroxycarbonat** (nat. Hydrocerussit) = $(CO_3)_2Pb(Pb.OH)_2$, welches hexagonal krystallisiert.

Das überbasische Zinkcarbonat von der Zusammensetzung $2CO_3Zn.3Zn(OH)_2$ ist nicht in meßbaren Krystallen dargestellt worden; das Mineral **Aurichalcit** besitzt die gleiche Formel, enthält aber einen erheblichen Teil des Zinks durch Kupfer ersetzt; seine monokline Krystallform ist nur unvollständig bestimmt.

Wasserhaltige basisch-kohlensaure Salze des Magnesiums finden sich drei in der Natur: **Artinit** = $CO_3(Mg.OH)_2.3H_2O$ in nicht meßbaren rhombischen Kryställchen, **Hydromagnesit** = $(CO_3)_3Mg_2(Mg.OH)_2.3H_2O$ in monoklinen und **Lansfordit** = $(CO_3)_3Mg_2(Mg.OH)_2.21H_2O$ in triklinen Krystallen. Endlich beobachtete Fritzsche[2]) in technischem Calciumchlorid ein Calciumchlorocarbonat $(CO_3)_2Ca(CaCl)_2.6H_2O$ und erhielt dasselbe beim Stehenlassen einer mit Ammoniak versetzten concentrierten Lösung

1) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1897, **20**, 191. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 75.

2) Fritzsche (Krystallbest. v. Kokscharow), Mél. phys. chim. Bull. Acad. St. Pétersbourg, 1860, **3**, 285.

von $CaCl_2$ an der Luft in Krystallen, welche nach Kokscharow wahrscheinlich rhombische Prismen {110} mit {010} und {101} waren.

Von einem basischen Carbonate eines dreiwertigen Metalles durch Substitution von Fluor für Hydroxyl könnte man sich abgeleitet denken das **Cerofluorocarbonat** = $CO_3 . CeF$, welches wahrscheinlich in dem rhombisch krystallisirenden Minerale **Weibyeït** = vorliegt (infolge von Beimengungen ist die Formel desselben nicht sicher festzustellen); nach der angegebenen Formel zusammengesetzt, aber mit weitgehender Vertretung von Cer durch Lanthan und Didym, ist der **Bastnäsit**, welcher nur in Pseudomorphosen nach dem hexagonalen Tysonit (s. **1**, 225) vorkommt.

### Cuprihydroxycarbonat (2fach basisches Kupfercarbonat) = $CO_3(Cu . OH)_2$
(nat. **Malachit**).

Spec. Gew. 3,9—4,0 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,8809 : 1 : 0,4012$; $\beta = 118^\circ 10'$ (nat. Kryst.).

Über die auf verschiedene Art dargestellte Substanz existieren Angaben über die Krystallform nur von Schulten[3]), welcher mikroskopische Krystalle, Zwillinge nach {100}, durch Erhitzen einer Lösung von Kupfercarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser und noch deutlichere aus einer Lösung in Ammoniumcarbonat erhielt; letztere zeigten die Combination {100}, {010}, {110}, {001} und waren ebenfalls häufig Zwillinge nach {100}. Die gleiche Combination mit derselben Zwillingsbildung ist auch die gewöhnliche Form der natürlichen Krystalle.

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen, nach {010} deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $23\frac{1}{2}^\circ$ im stumpfen Winkel $\beta$; $2E = 89^\circ 14'$ rot, $89^\circ 18'$ gelb, $\beta = 1,87$ bzw. 1,88, $2V = 44^\circ 7'$ bzw. $43^\circ 54'$ (nat. Kryst.).

### Bleichlorocarbonat = $CO_3(PbCl)_2$
(nat. **Phosgenit**).

Spec. Gew. 6,134 Schulten[1]).

Tetragonal. $a : c = 1 : 1,0876$ (nat. Kryst.).

Dargestellt von Friedel und Sarasin[4]) in quadratischen oder oktogonalen Täfelchen durch Erhitzen von $CO_3Pb$ und $PbCl_2$ mit Wasser auf $180^\circ$. Bildet sich ferner nach Schulten (l. c. 194) neben Bleioxychlorid durch Einwirkung von Kohlensäure auf chlornatriumhaltige Bleiacetatlösung; durch Überleiten von $CO_2$ über eine verdünnte Lösung von $PbCl_2$ erhielt Derselbe Krystalle der Combination: {001}, {111}, {110}, {100}, {$h0l$}, an welchen teils {001}, teils {111} vorherrschte.

Die natürlichen Krystalle zeigen gewöhnlich die Formen: {110}, {210}, {100}, {001}, {111}, {201}, {211}.

Spaltbarkeit {110}, {100} und {001} deutlich.

Doppelbrechung positiv; $\omega = 2,114$, $\varepsilon = 2,140$ gelb (nat. Kryst.).

---

3) A. de Schulten, Compt. rend. 1890, **110**, 202 u. 1896, **122**, 1352. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 632 u. **29**, 411.

4) Friedel u. Sarasin, Bull. soc. fr. min. 1881, **4**, 175. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 303.

**Cuprihydroxycarbonat** (1½ fach basisches Kupfercarbonat) = $(CO_3)_2Cu(Cu.OH)_2$
(nat. **Azurit, Chessylith, Kupferlasur**).

Spec. Gew. 3,77—3,83 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,8501:1:1,7611$; $\beta = 92^\circ 24'$ (nat. Kryst.).

Das Salz ist mehrfach dargestellt worden durch Wechselzersetzung von anderen Kupfersalzen mit einem Carbonate, doch niemals in meßbaren Krystallen erhalten worden. Besonders deutliche, nach {001} tafelige Krystalle bilden sich nach Michel[5]) bei jahrelangem Stehen von Calcitstücken mit einer Lösung von Kupfernitrat.

Die sehr mannigfach ausgebildeten und oft sehr flächenreichen natürlichen Krystalle zeigen am häufigsten die Formen: {001}, {110}, {100}, {102}, {111}, {011}, {$10\bar{2}$}.

Spaltbarkeit nach {011} ziemlich vollkommen, {100} deutlich, {110} unvollkommen.

Doppelbrechung positiv, sehr stark; Axenebene senkrecht zu {010}; 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $12\frac{1}{2}^\circ$ im spitzen Winkel $\beta$;, $2E = 151^\circ$ ca. $\varrho > v$ (nat. Kryst.).

**Bleihydroxycarbonat** (1½ fach basisches Bleicarbonat) = $(CO_3)_2Pb(Pb.OH)_2$
(**Bleiweiß** z. T., nat. **Hydrocerussit**).

Spec. Gew. 6,14 Bourgeois[6]).
Hexagonal. $a:c = 1:1,4187$ (nat. Kryst.).

Eine Lösung von basisch essigsaurem Blei und Harnstoff auf 130° im geschlossenen Rohre erhitzt liefert nach Bourgeois eine reichliche Krystallisation perlmutterglänzender hexagonaler Täfelchen.

Dieselbe Form {0001} mit den Randflächen {$10\bar{1}1$} und {$10\bar{1}2$} zeigen die natürlichen Krystalle.

Spaltbarkeit nach {0001} vollkommen.
Doppelbrechung negativ, schwach.

**Magnesiumhydroxycarbonat-Trihydrat** (⅔ fach bas. S.) =
$(CO_3)_3Mg_2(Mg.OH)_2.3H_2O$
(nat. **Hydromagnesit**).

Spec. Gew. 2,14—2,18 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0379:1:0,4652$; $\beta = 90^\circ$ circa (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt die Combination {100}, {110}, {121}, {$12\bar{1}$} mit häufiger Zwillingsbildung nach {100}.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen.
Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}, $2E = 85^\circ$ ca. (nat. Kryst.).

**Magnesiumhydroxycarbonat-Ikosihenhydrat** (⅔ fach bas. S.) =
$(CO_3)_3Mg_2(Mg.OH)_2.21H_2O$
(nat. **Lansfordit**).

Spec. Gew. 1,692 (nat. Kryst.).

5) Michel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 139. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 270.
6) Bourgeois, Compt. rend. 1888, **106**, 1641. Bull. soc. chim. Paris 1888, **50**, 83. Bull. soc. fr. min. **11**, 221. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 518.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}5493:1:0{,}5655$ Penfield (nat. Kryst.).

$\alpha = 95^\circ 22'$, $\beta = 100^\circ 15'$, $\gamma = 92^\circ 28'$.

Die natürlichen Krystalle zeigen die Formen: $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{010\}$, $\{001\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{021\}$ u. a.

Spaltbarkeit $\{001\}$ deutlich.

## Doppelsalze der Kohlensäure und zugehörige Halogenverbindungen.

Genau so, wie die Nitrate von Kalium und Silber sich zu einem krystallisierten Doppelsalze, aus gleichen Molekülen bestehend, vereinigen, so existiert auch nach Schulten[1]) ein **Kaliumsilbercarbonat** $= CO_3AgK$; dasselbe bildet dünne, rectanguläre Tafeln, zuweilen mit einer Zuspitzung von ca. 90° Winkel; Auslöschung parallel der Längsrichtung, Axenebene die Tafelfläche, $\gamma - \alpha = 0{,}0216$; spec. Gew. 3,769; Messungen der wahrscheinlich rhombischen Krystalle liegen nicht vor. Über die ihrer Zusammensetzung nach noch zweifelhaften wasserhaltigen Doppelsalze von Kalium und Natrium s. S. 190.

Von wasserfreien Doppelsalzen zwei- und einwertiger Metalle sind folgende untersucht worden: **Natriummagnesiumcarbonat** $= (CO_3)_2MgNa_2$, welches sich nach Schulten[2]) aus der erhitzten Lösung von Natriumcarbonat und Magnesiumnitrat oder -chlorid bildet; die glänzenden Krystalle sind oktaëderähnliche Combinationen eines Rhomboëders $\{100\}$, dessen $\alpha = 73^\circ$, mit $\{111\}$; Doppelbrechung negativ; spec. Gew. 2,729. Natrium- und Kaliumdoppelsalze mit Calcium, Strontium und Baryum von der Formel $(CO_3)_2R''R'_2$ stellte Le Chatelier[3]) durch Zusammenschmelzen je zweier Carbonate in Krystallen dar, welche ebenfalls optisch einaxig mit negativer Doppelbrechung waren und senkrecht zur Axe vollkommene Spaltbarkeit zeigten. Endlich schließt sich hier noch eine halogenhaltige Verbindung an, das kubische **Natriummagnesiumchlorocarbonat** $= (CO_3)_2(MgCl)Na_3$, welches als »Northupit« auch in der Natur vorkommt.

Alle übrigen Doppelsalze von zwei- und einwertigen Metallen sind wasserhaltig und sind im folgenden nach ihrem Wassergehalte geordnet. **Natriumcalciumcarbonat-Dihydrat** (Pirssonit) $= (CO_3)_2CaNa_2 . 2H_2O$ bietet ein ausgezeichnetes Beispiel der pyramidalen Symmetrie des rhombischen Systems dar. **Natriumcupricarbonat-Trihydrat** $= (CO_3)_2CuNa_2 . 3H_2O$ krystallisiert monoklin. Die Verbindung von saurem kohlensaurem Kalium mit Magnesiumcarbonat, **Monokaliummagnesiumcarbonat-Tetrahydrat** $= (CO_3)_2MgKH . 4H_2O$ zerfällt nach Engel[4]) durch Wasser in die beiden Salze; ihre Krystallform ist triklin; es existieren auch die entsprechenden Verbindungen mit

1) A. de Schulten, Compt. rend. 1887, **105**, 811.

2) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1896, **19**, 164. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 424.

3) Le Chatelier, Compt. rend. 1894, **118**, 350, 415. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **26**, 107.

4) Engel, Ann. chim. phys. 1886, (6) **7**, 266.

**Cuprihydroxycarbonat** (1½fach basisches Kupfercarbonat) $= (CO_3)_2Cu(Cu.OH)_2$
(nat. **Azurit, Chessylith, Kupferlasur**).

Spec. Gew. 3,77—3,83 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,8501:1:1,7611$; $\beta = 92^\circ 24'$ (nat. Kryst.).

Das Salz ist mehrfach dargestellt worden durch Wechselzersetzung von anderen Kupfersalzen mit einem Carbonate, doch niemals in meßbaren Krystallen erhalten worden. Besonders deutliche, nach {001} tafelige Krystalle bilden sich nach Michel[5]) bei jahrelangem Stehen von Calcitstücken mit einer Lösung von Kupfernitrat.

Die sehr mannigfach ausgebildeten und oft sehr flächenreichen natürlichen Krystalle zeigen am häufigsten die Formen: {001}, {110}, {100}, {102}, {111}, {011}, {10$\bar{2}$}.

Spaltbarkeit nach {011} ziemlich vollkommen, {100} deutlich, {110} unvollkommen.

Doppelbrechung positiv, sehr stark; Axenebene senkrecht zu {010}; 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $12\frac{1}{2}^\circ$ im spitzen Winkel $\beta$;, $2E = 151^\circ$ ca. $\varrho > v$ (nat. Kryst.).

**Bleihydroxycarbonat** (1½fach basisches Bleicarbonat) $= (CO_3)_2Pb(Pb.OH)_2$
(**Bleiweiß** z. T., nat. **Hydrocerussit**).

Spec. Gew. 6,14 Bourgeois[6]).
Hexagonal. $a:c = 1:1,4187$ (nat. Kryst.).

Eine Lösung von basisch essigsaurem Blei und Harnstoff auf 130° im geschlossenen Rohre erhitzt liefert nach Bourgeois eine reichliche Krystallisation perlmutterglänzender hexagonaler Täfelchen.

Dieselbe Form {0001} mit den Randflächen {10$\bar{1}$1} und {10$\bar{1}$2} zeigen die natürlichen Krystalle.

Spaltbarkeit nach {0001} vollkommen.
Doppelbrechung negativ, schwach.

**Magnesiumhydroxycarbonat-Trihydrat** (⅔fach bas. S.) =
$(CO_3)_3Mg_2(Mg.OH)_2.3H_2O$
(nat. **Hydromagnesit**).

Spec. Gew. 2,14—2,18 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0379:1:0,4652$; $\beta = 90^\circ$ circa (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt die Combination {100}, {110}, {121}, {12$\bar{1}$} mit häufiger Zwillingsbildung nach {100}.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen.
Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}, $2E = 85^\circ$ ca. (nat. Kryst.).

**Magnesiumhydroxycarbonat-Ikosihenhydrat** (⅔fach bas. S.) =
$(CO_3)_3Mg_2(Mg.OH)_2.21H_2O$
(nat. **Lansfordit**).

Spec. Gew. 1,692 (nat. Kryst.).

---

5) Michel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 139. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 270.

6) Bourgeois, Compt. rend. 1888, **106**, 1641. Bull. soc. chim. Paris 1888, **50**, 83. Bull. soc. fr. min. **11**, 221. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 518.

Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}5493 : 1 : 0{,}5655$$ Penfield (nat. Kryst.).

$$\alpha = 95^{\circ} 22', \quad \beta = 100^{\circ} 15', \quad \gamma = 92^{\circ} 28'.$$

Die natürlichen Krystalle zeigen die Formen: $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{010\}$, $\{001\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{021\}$ u. a.

Spaltbarkeit $\{001\}$ deutlich.

## Doppelsalze der Kohlensäure und zugehörige Halogenverbindungen.

Genau so, wie die Nitrate von Kalium und Silber sich zu einem krystallisierten Doppelsalze, aus gleichen Molekülen bestehend, vereinigen, so existiert auch nach Schulten[1]) ein **Kaliumsilbercarbonat** $= CO_3AgK$; dasselbe bildet dünne, rectanguläre Tafeln, zuweilen mit einer Zuspitzung von ca. 90° Winkel; Auslöschung parallel der Längsrichtung, Axenebene die Tafelfläche, $\gamma - \alpha = 0{,}0216$; spec. Gew. 3,769; Messungen der wahrscheinlich rhombischen Krystalle liegen nicht vor. Über die ihrer Zusammensetzung nach noch zweifelhaften wasserhaltigen Doppelsalze von Kalium und Natrium s. S. 190.

Von wasserfreien Doppelsalzen zwei- und einwertiger Metalle sind folgende untersucht worden: **Natriummagnesiumcarbonat** $= (CO_3)_2MgNa_2$, welches sich nach Schulten[2]) aus der erhitzten Lösung von Natriumcarbonat und Magnesiumnitrat oder -chlorid bildet; die glänzenden Krystalle sind oktaëderähnliche Combinationen eines Rhomboëders $\{100\}$, dessen $\alpha = 73°$, mit $\{111\}$; Doppelbrechung negativ; spec. Gew. 2,729. Natrium- und Kaliumdoppelsalze mit Calcium, Strontium und Baryum von der Formel $(CO_3)_2R''R'_2$ stellte Le Chatelier[3]) durch Zusammenschmelzen je zweier Carbonate in Krystallen dar, welche ebenfalls optisch einaxig mit negativer Doppelbrechung waren und senkrecht zur Axe vollkommene Spaltbarkeit zeigten. Endlich schließt sich hier noch eine halogenhaltige Verbindung an, das kubische **Natriummagnesiumchlorocarbonat** $= (CO_3)_2(MgCl)Na_3$, welches als »Northupit« auch in der Natur vorkommt.

Alle übrigen Doppelsalze von zwei- und einwertigen Metallen sind wasserhaltig und sind im folgenden nach ihrem Wassergehalte geordnet. **Natriumcalciumcarbonat-Dihydrat** (Pirssonit) $= (CO_3)_2CaNa_2 . 2H_2O$ bietet ein ausgezeichnetes Beispiel der pyramidalen Symmetrie des rhombischen Systems dar. **Natriumcupricarbonat-Trihydrat** $= (CO_3)_2CuNa_2 . 3H_2O$ krystallisiert monoklin. Die Verbindung von saurem kohlensaurem Kalium mit Magnesiumcarbonat, **Monokaliummagnesiumcarbonat-Tetrahydrat** $= (CO_3)_2MgKH . 4H_2O$ zerfällt nach Engel[4]) durch Wasser in die beiden Salze; ihre Krystallform ist triklin; es existieren auch die entsprechenden Verbindungen mit

---

1) A. de Schulten, Compt. rend. 1887, **105**, 811.

2) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1896, **19**, 164. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 424.

3) Le Chatelier, Compt. rend. 1894, **118**, 350, 415. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **26**, 107.

4) Engel, Ann. chim. phys. 1886, (6) **7**, 266.

Nickel- und Kobaltcarbonat, welche aber nicht krystallographisch untersucht worden sind. **Natriumkobaltcarbonat-Tetrahydrat** $= (CO_3)_2CoNa_2 . 4H_2O$ krystallisiert monoklin. Davon verschieden sind die Krystallformen der analog zusammengesetzten Kaliumsalze, von welchen gemessen wurden **Kaliummagnesium-** und **Kaliumnickelcarbonat-Tetrahydrat** $= (CO_3)_2MgK_2 . 4H_2O$ und $(CO_3)_2NiK_2 . 4H_2O$; beide sind rhombisch und sollten isomorph sein, sie zeigen auch die gleiche Combination, der angegebene Winkel des Prismas $m\{110\}$ ist aber so verschieden, daß ein Irrthum in der Winkelangabe angenommen werden muß. Die einzige krystallographisch bekannte Verbindung mit 5 Mol. Wasser ist das monokline Mineral Gaylussit, **Natriumcalciumcarbonat-Pentahydrat** $= (CO_3)_2CaNa_2 . 5H_2O$. Außerdem beschrieb Deville[5]) noch zwei basische Zinkdoppelsalze, deren eines die Zusammensetzung $11CO_2 . 8ZnO . 3Na_2O . 8H_2O$, das andere $11CO_2 . 6ZnO . 4K_2O . 8H_2O$ haben soll; ersteres bildet Oktaëder und Tetraëder, letzteres hexagonale Prismen. Beide Salze bedürfen natürlich weiterer Untersuchung, und ebenso zweifelhaft ist die Zusammensetzung einer Anzahl ähnlicher, von verschiedenen Chemikern dargestellter Doppelsalze; Messungen liegen von diesen Körpern keine vor.

Calcium- und Baryumcarbonat bilden außer den S. 202 erwähnten isomorphen Mischungen auch eine Verbindung, **Calciumbaryumcarbonat** $= (CO_3)_2BaCa$, das monoklin krystallisierende Mineral Barytocalcit, dessen künstliche Darstellung bisher nicht gelungen ist; Bourgeois[6]) erhielt bei der Krystallisation der Mischung von obiger Zusammensetzung sowohl auf trockenem, als auf nassem Wege stets trigonale Mischkrystalle (s. S. 203). Mallard[7]) machte darauf aufmerksam, daß die Spaltungsform $\{110\}$ $\{001\}$ des Barytocalcit ähnliche Winkel besitze, wie diejenige des Calcit, daß die Doppelbrechung ebenfalls negativ und sehr stark sei und daß bei kleinem Axenwinkel die Mittellinie eine ähnliche Orientierung habe, wie die Axe des Kalkspates.

Die einzige Thonerdeverbindung der Kohlensäure ist das als Mineral vorkommende basische Doppelsalz **Natriumdihydroxyaluminiumcarbonat** (Dawsonit) $= CO_3(Al . 2OH)Na$, welches wahrscheinlich monokline Nadeln $\{110\}$ mit vollkommener Spaltbarkeit nach $\{100\}$ bildet; Ebene der optischen Axen senkrecht zur Längsrichtung der Nadeln und 1. Mittellinie des großen Axenwinkels nahe senkrecht zu $\{100\}$. Ein basisches Doppelsalz des Cers ist das Mineral »Ancylit«, nach der einzigen vorhandenen Analyse $4CO_3(Ce . OH) . 3CO_3Sr . 3H_2O$ (vielleicht $(CO_3)_2Ce(OH)Sr . H_2O$?); dasselbe bildet einfache rhombische Combinationen $\{101\}$ $\{011\}$; $a : b : c = 0,916 : 1 : 0,917$; Doppelbrechung positiv, Axenebene $\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, Axenwinkel groß; spec. Gew. 3,95. Den basischen Salzen analoge Verbindungen mit

5) H. Sainte Claire-Deville, Ann. chim. phys. 1851, (3) **33**, 75. Journ. f. prakt. Chemie **54**, 240.

6) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 464. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 276.

7) Mallard, Bull. soc. fr. min. 1885, **8**, 44. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **12**, 645.

Fluor an Stelle von Hydroxyl sind folgende Mineralien: **Calciumcerofluorocarbonat** (Synchysit) = $(CO_3)_2 . CeF . Ca$, trigonal, früher mit dem folgenden verwechselt; **Calciumdicerofluorocarbonat** (Parisit) = $(CO_3)_3(CeF)_2Ca$, hexagonal; **Baryumdicerofluorocarbonat** (Cordylit) = $(CO_3)_3(CeF)_2Ba$, ebenfalls hexagonal und zweifellos isomorph mit dem Parisit; es bedürfte indessen der Kenntnis flächenreicherer Krystalle, um beide Mineralien sicher auf einander zu beziehen (die Form $\{10\bar{1}6\}$ des Cordylit könnte auch einer ähnlichen Bipyramide 2. Art des Parisit entsprechen). In sämmtlichen eben erwähnten Mineralien ist ein erheblicher Teil des Cers durch Lanthan und Didym vertreten.

Endlich gehören hierher noch einige Uransalze: **Ammoniumuranylcarbonat** = $(CO_3)_3 UO_2(NH_4)_4$ krystallisiert monoklin; das entsprechende Kaliumsalz ist nicht gemessen worden, und vom Thallosalze = $(CO_3)_3 UO_2 Tl_4$ liegen nur approximative Angaben von Behrens[8]) vor, nach welchen die mikroskopischen Krystalle wahrscheinlich ebenfalls monoklin sind. Krystallographisch bekannt ist außerdem noch das seltene Mineral Uranothallit, **Calciumurancarbonat-Dekahydrat** = $(CO_3)_4 UCa_4 . 10H_2O$, welches rhombisch krystallisiert.

### Natriummagnesiumchlorocarbonat = $(CO_3)_2(MgCl)Na_3$
(nat. **Northupit**).

Spec. Gew. 2,377 Schulten[2]), 2,380 (nat. Kryst.).
Kubisch.

Winkler[9]) beobachtete die Verbindung in einer Ammoniak-Sodafabrik als Incrustation in eisernen Röhren, aus Magnesiumchlorid enthaltender, mit Ammoniak und Ammoniumcarbonat gesättigter Sodalösung entstanden; nach Zepharovich[9]) sind die Krystalle reguläre Oktaëder mit anomaler Doppelbrechung. Schulten[2]) stellte durch Erhitzen einer Lösung von $NaCl$, $CO_3Na_2$ und $MgCl_2$ glänzende einfachbrechende Oktaëder dar; war auch $CaCl_2$ in der Lösung, so bildeten sich gleichzeitig Gaylussit und Pirssonit.

Die natürlichen Krystalle zeigen ebenfalls nur das Oktaëder.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Brechungsindex der natürlichen Krystalle nach Pratt:

für $Li$: $n = 1,5117$, für $Na$: $n = 1,5144$, für $Tl$: $n = 1,5180$.

### Natriumcalciumcarbonat-Dihydrat = $(CO_3)_2CaNa_2 . 2H_2O$
(nat. **Pirssonit**).

Spec. Gew. 2,349 Schulten[10]), 2,352 (nat. Kryst.).
Rhombisch pyramidal.

$$a : b : c = 0,5662 : 1 : 0,9019 \text{ Pratt (nat. Kryst.).}$$

Dargestellt von Schulten[10]) durch Erwärmen einer Lösung von Calciumchlorid mit einem großen Überschusse von Natriumcarbonat; der anfangs entstandene amorphe Niederschlag wandelt sich dabei in glänzende Kryställchen

8) Behrens, Mikrochem. Analyse, Hamburg u. Leipzig, 1895, 123.

9) Winkler (Krystallbest. v. Zepharovich), Zeitschr. f. angew. Chemie 1893, **87**, H. 15. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 614.

10) A. de Schulten, Compt. rend. 1896, **123**, 1023. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 415.

der Combination {010}, {111}, {11$\bar{1}$}, {110} um; wenn man zu einer Lösung von 150 g $NaCl$ und 50 g $CO_3Na_2$ eine Lösung von 6 g $CaCl_2$ und 10 g $MgCl_2.6H_2O$ hinzufügt und einige Stunden auf dem Wasserbade erwärmt, so bilden sich Oktaëder von Northupit, feine Nadeln von Gaylussit und bei weiterer Concentration auf Kosten des letzteren auch Krystalle von Pirssonit, endlich einzelne Rhomboëder von $CO_3Mg.CO_3Na_2$.

Die natürlichen Krystalle zeigen die Formen: {110}, {111}, {11$\bar{1}$}, {010}, {131} und {311}; ihr Habitus ist teils prismatisch, teils tafelig nach {010}.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {001}, 1. Mittellinie Axe $b$, Brechungsindices der natürlichen Krystalle nach Pratt:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| für $Li$: | — | $\beta = 1,5056$ | $\gamma = 1,5710$ | $2E = 47^\circ 45'$ | $2V = 31^\circ 11\frac{1}{2}'$ |
| $Na$: | $\alpha = 1,5043$ | 1,5093 | 1,5751 | 48 14 | 31 26 |
| $Tl$: | — | 1,5115 | 1,5789 | 48 22 | 31 27 |

Der Axenwinkel nimmt bei steigender Temperatur merklich ab.

Der analoge Pol der elektrischen Axe liegt auf der positiven Seite der $c$-Axe.

## Natriumcupricarbonat-Trihydrat = $(CO_3)_2CuNa_2.H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,5827:1:2,2665$; $\beta = 91^\circ 52'$ Sénarmont[11]).

Das Salz wurde zuerst von Deville[12]) beschrieben, dessen einige Irrtümer enthaltende Angaben später von Sénarmont[11]) richtig gestellt wurden. Nach Letzterem sind die Krystalle dicktafelige Combinationen von $c${001}, $m${110}, $\varrho${10$\bar{1}$}, $r${101}, $a${100}, $o${111}, $\omega${11$\bar{1}$}, $x${11$\bar{3}$}, $y${11$\bar{6}$}. Deville gibt die Messungen noch einiger weiterer Formen, deren Symbole, auf die von Sénarmont gewählte Stellung bezogen, jedoch nicht sicher bestimmt werden können.

| | Berechnet: | Beobachtet: Sénarmont: | Deville: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *64° 35' | 64° 6' |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *89 0 | 88 45 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 88° 8' | 88 25 | — |
| $r:c = (101):(001) =$ | 53 49 | 54 0 | 53 40 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *56 20 | 56 19 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 63 49 | — | — |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 64 14 | 64 30 | 64 26 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 103 54 | — | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 59 24 | — | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 68 40 | 68 50 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 105 36 | — | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 60 32 | — | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 70 25 | 70 40 | — |
| $x:x = (11\bar{3}):(1\bar{1}\bar{3}) =$ | 69 12 | — | — |
| $x:a = (11\bar{3}):(100) =$ | 70 27 | — | — |
| $x':c = (\bar{1}13):(001) =$ | 42 13 | 43 10 | — |
| $y:y = (11\bar{6}):(1\bar{1}\bar{6}) =$ | 40 36 | — | — |
| $y:a = (11\bar{6}):(100) =$ | 79 5 | — | — |
| $y':c = (\bar{1}16):(001) =$ | 24 14 | — | — |

11) A. de Sénarmont (Privatmitt.) in Rammelsberg, Die neuest. Forsch. in d. kryst. Chemie, Leipzig 1857, 118.

12) H. Sainte Claire-Deville, Ann. chim. phys. 1852, (3) 35, 460.

**Monokaliummagnesiumcarbonat-Tetrahydrat = $(CO_3)MgKH.4H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}4261:1:0{,}5945$ Marignac[13]).

$\alpha = 111^\circ 9'$, $\beta = 114^\circ 26'$, $\gamma = 74^\circ 33'$.

Nach Marignac krystallisiert das Salz aus einer Lösung von Magnesiumchlorid mit einem Überschusse von Kaliumbicarbonat in kleinen flächenreichen Krystallen. Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $r\{101\}$, $k\{0\bar{2}1\}$, $x\{1\bar{1}\bar{2}\}$, $y\{1\bar{3}1\}$, $\eta\{13\bar{2}\}$. $\mu$ und $n$ sind nur sehr schmal und fehlen oft. Als Endigung treten deutlich oft nur $c$ und $\eta$ auf. Immer Zwillinge nach (010).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:m = (010):(110) =$ | — | *54° 15′ |
| $b:n = (010):(130) =$ | 27° 0′ | 26°—28° |
| $b:a = (010):(100) =$ | — | 4° 23′ |
| $b':\mu = (0\bar{1}0):(1\bar{1}0) =$ | 62 23 | — |
| $b':\nu = (0\bar{1}0):(1\bar{3}0) =$ | 29 31 | 29 30 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *40 22 |
| $b:k = (010):(02\bar{1}) =$ | 60 52 | 61 20 |
| $b:r = (010):(101) =$ | 57 2 | — |
| $b':y = (0\bar{1}0):(1\bar{3}1) =$ | 57 33 | 57 23 |
| $b':x = (0\bar{1}0):(1\bar{1}2) =$ | 60 34 | 60 20 |
| $b:\eta = (010):(13\bar{2}) =$ | — | *78 36 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *48 30 |
| $c:n = (001):(130) =$ | 36 49 | 37 0 |
| $c:a = (001):(100) =$ | 70 3 | 69 50 |
| $c:r = (001):(101) =$ | 33 5 | — |
| $c:\mu = (001):(1\bar{1}0) =$ | 96 39 | — |
| $a:\eta = (100):(13\bar{2}) =$ | 71 58 | 72 0 |
| $a:k = (100):(0\bar{2}1) =$ | 71 49 | — |
| $m:r = (110):(101) =$ | 22 10 | 22 25 |
| $m:x = (110):(1\bar{1}2) =$ | 33 20 | 33 20 |
| $m:\eta = (110):(13\bar{2}) =$ | 69 23 | 69 30 |
| $m:k = (110):(0\bar{2}1) =$ | 89 29 | 88 44 |
| $\nu:k = (1\bar{3}0):(0\bar{2}1) =$ | 53 1 | 53 34 |
| $\nu:\eta = (1\bar{3}0):(13\bar{2}) =$ | 88 24 | 88 30 |
| $\eta:k = (13\bar{2}):(02\bar{1}) =$ | 42 40 | 42 55 |
| $\eta:y = (13\bar{2}):(\bar{1}3\bar{1}) =$ | 76 1 | 76 0 |
| $\eta:\mu = (13\bar{2}):(1\bar{1}0) =$ | 80 24 | — |

**Natriumkobaltcarbonat-Tetrahydrat = $(CO_3)_2CoNa_2.4H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}2295:1:1{,}0958$; $\beta = 114^\circ 8'$ Deville[12]).

Deville erhielt dieses Salz durch Zusammenbringen der Lösungen von Kobaltnitrat und Natriumbicarbonat in carminroten Prismen $m\{110\}$, combiniert mit $b\{010\}$, $q\{011\}$ und $c\{001\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | *96° 35′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | *73 42 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | *90 0 |

13) Ch. de Marignac, Ann. d. Mines 1857, (5), 12, 59. Oeuvres 1, 534.

### Kaliummagnesiumcarbonat-Tetrahydrat = $(CO_3)_2MgK_2 . 4H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}7563:1:0{,}6068$ Deville[12]).

Nach Deville entstehen aus einer gemischten Lösung von Magnesiumchlorid und Kaliumsesquicarbonat prismatische Krystalle der Combination $m\{110\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$.

$$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*74^\circ 12' \text{ beob.}$$
$$q:q = (011):(0\bar{1}1) = {}^*62\ 30 \quad »$$

### Kaliumnickelcarbonat-Tetrahydrat = $(CO_3)_2NiK_2 . 4H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}5707:1:0{,}5914$ Deville[12]).

Dargestellt durch Vermischen der Lösungen von Nickelnitrat und Kaliumsesquicarbonat. Combination wie vor.

$$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*59^\circ 26' \text{ beob.}$$
$$q:q = (011):(0\bar{1}1) = {}^*61\ 12 \quad »$$

### Natriumcalciumcarbonat-Pentahydrat = $(CO_3)_2CaNa_2 . 5H_2O$
(nat. Gaylussit, Natrocalcit).

Spec. Gew. 1,992 Pratt (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}4897:1:1{,}4442; \quad \beta = 101^\circ 33' \text{ (nat. Kryst.).}$$

Das in der Sodafabrikation nach Leblanc als Nebenproduct entstehende Salz wurde von Fritzsche[14]) durch Zusammenbringen der Lösungen von Natriumcarbonat und Calciumchlorid und durch Einwirkung von Sodalösung auf frisch gefälltes Calciumcarbonat dargestellt; je nach den l. c. ausführlich beschriebenen Bedingungen bei der Bildung der Krystalle zeigten dieselben nach Kokscharow die Combination $\{110\}\{111\}$ oder $\{111\}\{11\bar{1}\}$. Eine genauere Untersuchung erfuhren durch Soret[15]) die Krystalle, welche Favre[15]) durch sehr langsame Einwirkung einer Lösung von käuflichem Natriumsilicat auf eine Schneckenschale erhalten hatte; dieselben waren kurzprismatische Combinationen der Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $i\{11\bar{2}\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$. Wie Rammelsberg[16]) mitteilt, beobachtete Reidemeister die Bildung von Gaylussit aus Rohsodalaugen in Rohrleitungen und Pfannen einer Sodafabrik; von den durch Rammelsberg analysierten Krystallen zeigten nach Arzruni[17]) die aus ungeklärter Lauge (I) $m\{110\}$, $q\{011\}$ und $i\{11\bar{2}\}$ ziemlich im Gleichgewichte und $c\{001\}$ selten und sehr schmal, die aus geklärter Lauge (II) abgesetzten $m\{110\}$, $q\{011\}$ und oft auch $c\{001\}$ herrschend, $i\{11\bar{2}\}$ sehr klein.

Die in den Absätzen von Sodaseen vorkommenden natürlichen Krystalle zeigen die Formen $m\{110\}$, $q\{011\}$, $i\{11\bar{2}\}$, $b\{010\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$ und sind entweder prismatisch durch Vorherrschen von $q\{011\}$ oder oktaëderähnlich durch gleich große Ausbildung von $m\{110\}$ und $q\{011\}$.

---

14) Fritzsche, Mel. phys. et chim. Bull. Acad. sc. Pétersbourg 1864, **6**, 109. Journ. f. prakt. Chemie **98**, 339.

15) A. Favre und Ch. Soret, Bull. soc. fr. min. 1881, **4**, 168. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 31.

16) Rammelsberg (Krystallbest. von Arzruni), Journ. f. prakt. Chemie 1887, (2) **35**, 106. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 117. S. auch Reidemeister, Zeitschr. f. chem. Industr. 1884.

17) Arzruni, Zeitschr. f. Krystall. 1882, **6**, 24.

| | Berechnet: | Beobachtet: Soret: | Arzruni I: | Arzruni II: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (010):(1\bar{1}0)$ | $= 111°10'$ | $111°21'$ | $111°18'$ | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | $= 109\ 30$ | $108\ 29$ | $109\ 40$ | $110°\ 8'$ |
| $q:m = (011):(110)$ | $= 42\ 21$ | $42\ 35$ | $42\ 25$ | $41\ 9$ |
| $i:i = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2})$ | $= 69\ 29$ | $69\ 41$ | $69\ 54$ | — |
| $i':q = (\bar{1}12):(011)$ | $= 27\ 44$ | $29\ 28$ | $27\ 24$ | $28\ 17$ |
| $i':c = (\bar{1}12):(001)$ | $= 43\ 20$ | $44\ 18$ | $42\ 54$ | $43\ 21$ |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene $\perp b\{010\}$, bildet mit der $c$-Axe 15° für Rot, 13° für Violett im spitzen Winkel $\beta$, 1. Mittellinie Axe $b$, $2E$, 51°20′ rot, 53°30′ violett, nimmt mit steigender Temperatur stark zu (Des Cloizeaux, nat. Kryst.). Arzruni fand: $2E = 51°9'$ für *Li*, 52°4′ für *Na*, 52°50′ für *Tl*.

Brechungsindices natürlicher Krystalle für *Na* nach Pratt:

$$\alpha = 1,4435,\quad \beta = 1,5156,\quad \gamma = 1,5233,\quad 2V \text{ ber.} = 35°4'.$$

### Calciumbaryumcarbonat = $(CO_3)_2BaCa$

(nat. **Barytocalcit**).

Spec. Gew. 3,64—3,66.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,7717:1:0,6255;\quad \beta = 106°8' \text{ (nat. Kryst.).}$$

Beobachtete Formen: $\{100\}$, $\{110\}$, $\{001\}$, $\{12\bar{1}\}$, $\{15\bar{1}\}$ u. a.

$$(110):(1\bar{1}0) = 73°6',\qquad (110):(001) = 77°6'.$$

Spaltbarkeit nach $\{110\}$ vollkommen, nach $\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $64\frac{1}{3}°$ im stumpfen Winkel $\beta$, $2E = 23°15'$ rot, 22°47′ blau (Des Cloizeaux); Brechungsindices für *Na* nach Mallard:

$$\alpha = 1,525,\quad \beta = 1,684,\quad \gamma = 1,686.$$

### Calciumcerofluorocarbonat = $(CO_3)_2.CeF.Ca$

(nat. **Synchysit**).

Spec. Gew, 3,902 Flink (nat. Kryst.).

Trigonal. $\alpha = 32°14'$ ($a:c = 1:5,2395$ Flink[18])) (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt stets vorherrschend $\{100\}$, gewöhnlich combiniert mit $\{111\}$ und $\{11\bar{1}\}$, und häufig Zwillingsbildung nach $\{111\}$.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Brechungsindices nach Flink:

| | $\omega$ | $\varepsilon$ |
|---|---|---|
| für *Li*: | $\omega = 1,6718$ | $\varepsilon = 1,7664$ |
| » *Na*: | 1,6742 | 1,7701 |
| » *Tl*: | 1,6767 | 1,7729 |

### Calciumdicerofluorocarbonat = $(CO_3)_3(CeF)_2Ca$

(nat. **Parisit**).

Spec. Gew. 4,364 Vrba, 4,358 Damour, 4,392 Flink (nat. Kryst.).

Dihexagonal bipyramidal.

$$a:c = 1:3,3646 \text{ Vrba.}$$

18) Berechnet aus dem Mittel von Flinks Messungen des vorherrschenden Rhomboëders; das von ihm angegebene Axenverhältnis bezieht sich auf den Parisit, mit welchem das Mineral früher verwechselt wurde.

Die natürlichen Krystalle sind Combinationen von {20$\bar{2}$1}, {10$\bar{1}$1}, {11$\bar{2}$2} und anderen hexagonalen, sowie auch dihexagonalen Bipyramiden mit {0001}.
Spaltbarkeit nach {0001} vollkommen.
Brechungsindices: $\omega = 1,569$, $\varepsilon = 1,670$ (Sénarmont).
Das Absorptionsspectrum zeigt sehr zahlreiche Linien, das ordinäre besonders starke bei $\lambda = 582$ und 523, das extraordinäre bei $\lambda = 677$, 580, 571, 528.

### Baryumdicerofluorocarbonat = $(CO_3)_3(CeF)_2Ba$
(nat. Cordylit, Baryum-Parisit).

Spec. Gew. 4,31 Mauzelius (nat. Kryst.).
Dihexagonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 5,4186$ Flink[19]) (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt die Formen: {10$\bar{1}$0}, {10$\bar{1}$6}, {10$\bar{1}$5}, {20$\bar{2}$5}, {0001}.
Spaltbarkeit nach {0001} vollkommen.
Doppelbrechung negativ, schwach.

### Ammoniumuranylcarbonat = $(CO_3)_3 . UO_2(NH_4)_4$.

Spec. Gew. 2,773 Husemann.
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,9635 : 1 : 0,8670$; $\beta = 99^\circ 17'$ Keferstein[20]).

Zuerst dargestellt von Péligot und gemessen von De la Provostaye[21]); Letzterer beobachtete an den sehr kleinen und nur angenähert meßbaren Krystallen die Formen: $m${110}, $a${100}, $b${010} vorherrschend, als Endflächen $\varrho${$\bar{1}$01}, $i${121} und $r${101}. Keferstein[20]) untersuchte Krystalle, welche er von Kühne erhalten hatte; dieselben zeigten vorherrschend $m${110}, abgestumpft durch $b${010}, und die Endflächen $\varrho${10$\bar{1}$}, $i${121}, $q${011}, $r${101}; die Messungen ergaben ziemlich schwankende Werte.

| | Berechnet: | Beobachtet: Keferstein: | De la Provostaye: |
|---|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *87° 7′ | 85° |
| $r : \varrho' = (101) : (\bar{1}01) =$ | — | *83 53 | 84 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | — | *64 16 | 63⅔ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | 81° 6′ | 80 6 | — |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 57 34 | 57 39 | — |
| $i : i = (121) : (1\bar{2}1) =$ | 99 29 | 96 56 | 97½ |
| $i : m = (121) : (110) =$ | 29 42 | 29 44 | 30 |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 57 57 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c${001} ziemlich vollkommen.
Farbe citron- bis pomeranzgelb.

### Calciumurancarbonat-Dekahydrat = $(CO_3)_4UCa_2 . 10H_2O$
(nat. Uranothallit).

Spec. Gew. 2,14—2,15 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,9539 : 1 : 0,7826$ Březina (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt die Formen: {111}, {001}, {010}, {100}, {011} u. a.
Sonstige Eigenschaften nicht bekannt.

19) Berechnet aus Flinks Messungen der Form {10$\bar{1}$6}, wobei dieses und die übrigen Symbole der Isomorphie mit dem Parisit entsprechend angenommen wurden.

20) Keferstein, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, 99, 275.

21) Hervé de la Provostaye, Ann. chim. phys. 1842, (3) 5, 49.

# Silicate, Titanate, Zirkonate und Thorate.

## Einfache Salze.

### Silicate, Titanate usw. einwertiger Metalle und deren Hydrate.

Salze der Metakieselsäure $SiO_3H_2$, welche also den normalen Carbonaten analog zusammengesetzt sind, existieren zwar von Natrium und Kalium, sind aber bekanntlich im wasserfreien Zustande nicht krystallisierbar; das einzige in Krystallen bekannte hierher gehörige Salz ist das **Lithiummetasilicat** $= SiO_3Li_2$, dessen trigonale Krystallform einen der wenigen Repräsentanten der rhomboëdrischen Symmetrieklasse bildet; mit der Form des entsprechenden Carbonates zeigt dieselbe keinerlei Beziehung. Ob die wasserfreien Verbindungen $SiO_3Rb_2$, $SiO_3Cs_2$, $SiO_3Cu_2$, $SiO_3Ag_2$ und $SiO_3Tl_2$ existieren, ist fraglich, jedenfalls hat man noch keine derselben isoliert. Dagegen sind verschiedene Krystallwasserverbindungen bekannt vom metakieselsauren Natrium, nämlich **Natriummetasilicat-Pentahydrat** $= SiO_3Na_2.5H_2O$, welches monoklin krystallisiert, das nicht gemessene (trikline?) Hexahydrat $SiO_3Na_2.6H_2O$, **Natriummetasilicat-Oktohydrat** $= SiO_3Na_2.8H_2O$ und **-Enneahydrat** $= SiO_3Na_2.9H_2O$, die nach älteren, noch durch optische Untersuchung zu ergänzenden Bestimmungen monoklin bzw. rhombisch krystallisieren. Die ihnen entsprechenden Carbonate sind nicht bekannt, so daß eine Vergleichung nicht möglich ist. Das titansaure Salz $TiO_3Na_2.4H_2O$ soll in zerfließlichen Prismen krystallisieren, während von der Zirkonverbindung $ZrO_3Na_2$ angegeben wird, daß sie aus dem Schmelzflusse, also wasserfrei, zu einer an der Luft feucht werdenden krystallinischen Masse erstarre. Ob die von Friedel und Sarasin[1]) bei der Darstellung des Orthoklas als Nebenproduct erhaltenen rhombischen Prismen (von 74° 52′) eines wasserhaltigen Kaliumsilicates hierher gehören, ist mangels chemischer Untersuchung ebenso wenig festzustellen, wie für die perlglänzenden Krystalle, welche Berzelius beim Schmelzen von Kieselsäure und Kali erhielt. Das titansaure Salz $TiO_3K_2.4H_2O$ bildet zerfließliche Prismen.

Den Silicaten und Titanaten analog müßten sich auch die Germanate verhalten, dieselben sind jedoch bisher noch nicht dargestellt worden.

Von den wasserfreien orthokieselsauren Salzen der Alkalien ist ebenfalls nur über das Lithiumsalz eine krystallographische Angabe vorhanden: **Lithiumorthosilicat** $= SiO_4Li_4$ erhielten Hautefeuille und Margottet[2]) aus der Schmelze mit viel $LiCl$ in pseudohexagonalen Combinationen eines rhombischen Prismas von ca. 61° mit {010}.

1) Friedel u. Sarasin, Bull. soc. fr. min. 1881, 4, 175. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 6, 308.

2) Hautefeuille u. Margottet, Bull. soc. fr. min. 1881, 4, 242. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 306.

Polykieselsaure Salze und analoge Titan- und Zirkonverbindungen sind jedoch in etwas größerer Zahl bekannt. Ein sehr stabiles Lithiumsilicat von der Zusammensetzung $Si_5O_{11}Li_2$ erhielten die eben genannten Chemiker (l. c. 243) in dünntafeligen, elastischen Nadeln, welche nach ihrer Spaltbarkeit und dem optischen Verhalten rhombische Symmetrie besitzen. Nach Fremy[3]) soll das Salz $Si_3O_{10}Na_8.26H_2O$ leicht krystallisieren. Hautefeuille[4]) stellte die beiden Silicotitanate $Si_4Ti_5O_{20}Na_4$ und $Si_3Ti_2O_{11}Na_2$ dar, von denen das erste radialfaserige Aggregate stark doppeltbrechender Prismen, das zweite meßbare rhombische Krystalle bildet. Durch Schmelzen von $TiO_2$, $CO_3Na_2$ und $NaF$ stellte Holmquist[5]) das **Natriumtrititanat** $= Ti_3O_7Na_2$ dar in monoklinen Combinationen {100} {001} {101} {10$\bar{1}$} mit {010} als Endflächen; (100):(001) = 87° 58′, (100):(101) = 38° 41′, (100):(10$\bar{1}$) = 39° 40′; Doppelbrechung sehr stark; spec. Gew. 3,492—3,507. Ein **Natriumsilicozirkonat** $= SiZrO_5Na_2$ erhielt Bourgeois[6]), als er gepulverten Zirkon mit $SiO_2$ in geschmolzenes Natriumcarbonat brachte und die Schmelze längere Zeit auf Rotglut erhitzte; es sind pseudohexagonale rhombische Combinationen {110} {010}; (110):(1$\bar{1}$0) fast genau = 60°; Doppelbrechung stark; Axenebene {001}. Silicozirkonate bzw. Silicotitanozirkonate des Natriums sind auch folgende Mineralien: der **Lorenzenit** $= Si_2(\frac{9}{11}Ti, \frac{2}{11}Zr)_2O_9Na_2$, rhombisch; der polysymmetrische **Natronkatapleït** $= Si_3ZrO_{11}Na_2H_4$ monoklin bezw. hexagonal, und der **Elpidit** $= Si_6ZrO_{18}Na_2H_6$, welcher rhombisch krystallisiert (die Formel des letztgenannten Minerals ist noch nicht sichergestellt, da es wahrscheinlich z. T. secundäres $H_2O$ enthält). Durch Behandeln der Schmelze von $ZrO_4Na_4$ mit Wasser erhielt Hjortdahl[7]) als Rückstand hexagonale Tafeln von **Natriumoktozirkonat-Dodekahydrat** $= Zr_8O_{17}Na_2.12H_2O$, ebenso Haushofer[8]) durch Schmelzen von Zirkonpulver mit Natriumcarbonat. Letzterer (l. c. 157) erhielt ferner durch Schmelzen von Zirkonpulver mit $KF.HF$ ein Kaliumzirkonat in mikroskopischen rhombischen Krystallen. Endlich beobachtete Wyrouboff[9]) die Bildung eines **Thallosilicates**, welchem er die Formel $Si_2O_7Tl_6.H_2O$ zuschreibt und das prismatische tetragonale Combinationen von {100}, {110} und {111} bildet; $a:c = 1:0,3946$; (111):($\bar{1}\bar{1}$1) = 58° 20′ beob., (111):(100) = 69° 56′ beob. (69° 50′ ber.).

---

3) Fremy, Compt. rend. 1856, **43**, 1146.

4) Hautefeuille, Compt. rend. 1880, **90**, 868. Ann. de l'École normale sup. Paris 1880, (2) **9**, 401. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 498.

5) Holmquist, Bull. geol. Inst. of Upsala 1896, **3**, No. 5. Dissert. Upsala 1897, 81. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 306.

6) Bourgeois, Bull. soc. philomath. Paris 1883—84, (7) **8**, 50. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 682.

7) Hjortdahl, Compt. rend. 1865, **61**, 213. Ann. d. Chemie **137**, 236.

8) Haushofer, Mikroskopische Reactionen, Braunschweig 1885, 156.

9) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 540. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 282.

### Lithiummetasilicat = $SiO_3Li_2$.

Spec. Gew. 2,529 Friedel[10]).

Rhomboëdrisch. $\alpha = 107^\circ 48'$ ($a : c = 1 : 0,6681$) Friedel[10]).

Hautefeuille und Margottet[2]) (l. c. 243) stellten das Salz zuerst in dünnen prismatischen Krystallen, welche sie für pseudohexagonal hielten, dar durch Schmelzen mit viel Lithiumchlorid. Friedel fand, daß nach dieser Methode die gleiche Verbindung entsteht, wie bei der Einwirkung von Lithionlauge auf überschüssige gefällte Kieselsäure bei 500° im geschlossenen Rohre; große Prismen derselben erhielt er auch bei der ebenso ausgeführten Zersetzung von Muscovit durch 5% Lithionlauge oder von Lepidolith durch Natronlauge. Die Krystalle sind stets prismatisch nach $a\{10\bar{1}\}$ und $m\{\bar{2}11\}$, letzteres gewöhnlich schmäler, und zeigen fast bei jeder Darstellung andere Endflächen; es wurden beobachtet: $r\{100\}$, häufig $d\{110\}$, ferner die Rhomboëder 3. bzw. 2. Art $i\{21\bar{1}\}$ und $s\{31\bar{1}\}$, selten und untergeordnet $c\{111\}$ und andere kleine, nicht meßbare Flächen.

$$r : r = (100) : (010) = {}^*63^\circ 53' \text{ beob.}$$

Keine deutliche Spaltbarkeit.

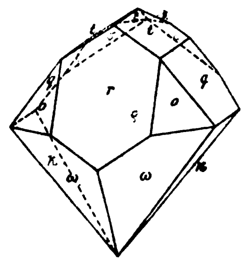
Brechungsindices: $\omega = 1,65$, $\varepsilon = 1,67$ circa.

### Natriummetasilicat-Pentahydrat = $SiO_3Na_2 . 5H_2O$.

Monoklin domatisch.

$$a : b : c = 0,6961 : 1 : 1,2001;$$
$$\beta = 95^\circ 50' \text{ Petersen}^{11)}.$$

Fig. 567.




Die von Petersen beschriebenen Krystalle hatten sich in der chemischen Fabrik Griesheim aus Laugen von der Verarbeitung der Rückstände bei der Darstellung von Ätznatron gebildet. Dieselben zeigten die Combination Fig. 567: $\varrho\{\bar{1}0\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $k\{01\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $t\{012\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\sigma\{\bar{1}11\}$, $\xi\{\bar{1}13\}$. An der Luft verwitternd.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $t : t = (012) : (0\bar{1}2)$ | = 61° 40′ | — |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1)$ | = — | *100° 6′ |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1)$ | = 59 44 | 59 30 circa |
| $o : \omega = (111) : (11\bar{1})$ | = 50 53½ | 51 30 » |
| $o : \sigma = (111) : (\bar{1}11)$ | = 95 49½ | — |
| $\sigma : q = (\bar{1}11) : (011)$ | = 49 58½ | 50 8 |
| $\omega : r = (11\bar{1}) : (101)$ | = — | *65 1½ |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$ | = 64 12¼ | 65 0 circa |
| $\xi : \sigma = (\bar{1}13) : (\bar{1}11)$ | = 31 58 | 32 0 » |
| $\xi : \xi = (\bar{1}13) : (\bar{1}\bar{1}3)$ | = 39 43½ | — |
| $\sigma : t = (\bar{1}11) : (012)$ | = 54 0¾ | — |
| $\xi : t = (\bar{1}13) : (012)$ | = 30 10¾ | 30 30 circa |
| $t : r = (012) : (101)$ | = 60 58 | — |
| $q : r = (011) : (101)$ | = — | *68 43 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

---

10) G. Friedel, Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 141. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 204.

11) Petersen (Messungen von Hessenberg), Journ. f. prakt. Chemie 1872, (2) **5**, 398.

### Natriummetasilicat-Oktohydrat = $SiO_3Na_2 . 8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6352:1:0,6721$; $\beta = 109°48'$[12]).

Dargestellt und gemessen von Ammon[13]). Beobachtete Formen: $n\{120\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $x\{383\}$, $\xi\{38\bar{3}\}$; $n$ oft vorherrschend, zuweilen auch $\varrho$ und $r$; $o$, $\omega$, $x$ und $\xi$ fehlen häufig.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 61° 44′ | 61° 40′ |
| $n:n = (120):(1\bar{2}0) =$ | — | *100 10 |
| $r:\varrho = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *86 34 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 44 36 | — |
| $r:n = (101):(120) =$ | 57 50 | 57 40 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 58 25 | — |
| $\varrho:n = (10\bar{1}):(120) =$ | — | *67 4 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 64 36 | — |
| $q:r = (011):(101) =$ | 47 2 | 46 36 |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | 62 46 | 63 14 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 41 10 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 56 12 | 55 57 |
| $x:x = (383):(3\bar{8}3) =$ | 90 4 | — |
| $\xi:\xi = (38\bar{3}):(3\bar{8}\bar{3}) =$ | 109 50 | — |
| $x:r = (383):(101) =$ | 45 2 | 45 10 |

### Natriummetasilicat-Enneahydrat = $SiO_3Na_2 . 9H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6888:1:0,3378$ Nordenskiöld[14]).

Die von Fritzsche[14]) dargestellten Krystalle sind nach Nordenskiöld entweder rectanguläre Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, combiniert mit $o\{111\}$ und $x\{241\}$, oder dicktafelförmig nach $a\{100\}$ mit groß ausgebildetem $o\{111\}$, kleiner $k\{021\}$ und $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *33° 45′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *49 50 |
| $o:'o = (111):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 61° 32′ | 62 10 |

### Natriumsilicotitanat = $Si_2Ti_2O_{11}Na_2$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,9827:1:0,7279$ Hautefeuille[4]).

Hautefeuille erhielt durch Schmelzen von Kieselsäure mit Natriumwolframat und Natriumtitanat bei Rotglut neben der Verbindung $Si_4Ti_5O_{20}Na_4$ das obige Salz in kurzen pseudotetragonalen Prismen $m\{110\}$ mit den Endflächen $c\{001\}$, $r\{101\}$ und $q\{011\}$, von welchen die beiden letzteren häufig sehr klein sind.

---

12) Nach der Berechnung von Rammelsberg, Kryst.-phys. Chemie, Leipz. 1881, **1**, 561.
13) B. v. Ammon, Über einige Silicate der Alkalien und Erden. Dissert. Köln 1862.
14) Fritzsche (Mess. v. Nordenskiöld), Poggendorffs Ann. d. Physik 1838, **48**, 135.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *89° 0′ |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *36 32 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 36° 3′ | 35 45 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$.
Brechungsvermögen stark.

**Natriumsilicotitanozirkonat** (nat. Lorenzenit) $= Si_2(\frac{9}{11}Ti, \frac{2}{11}Zr)_2O_9Na_2$.

Spec. Gew. 3,42.
Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}6042:1:0{,}3592 \text{ Flink.}$$

Die Krystalle dieses Minerals sind prismatische Combinationen von $\{110\}$, $\{120\}$, $\{1.12.0\}$, $\{010\}$, $\{100\}$, $\{111\}$ und $\{231\}$.

Spaltbarkeit nach $\{120\}$ deutlich.

Doppelbrechung positiv, stark; Axenebene $\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, $2E = 72°$; $\alpha = 1{,}7431$, $\gamma = 1{,}7876$ für $Na$.

**Natriumsilicozirkonat** (nat. Natronkatapleït) $= Si_3ZrO_{11}Na_2H_4$.

Spec. Gew. 2,743.
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}7329:1:1{,}3618; \quad \beta = 90°11\tfrac{1}{2}' \text{ Brögger.}$$

Das Mineral bildet pseudohexagonale Tafeln $\{001\}$ mit den Randflächen $\{110\}$, $\{010\}$, — $\{111\}$, $\{201\}$, $\{\bar{2}01\}$, — $\{112\}$, $\{101\}$, $\{\bar{1}01\}$, — $\{221\}$, $\{401\}$, $\{\bar{4}01\}$; fast immer Drillinge nach $\{110\}$, meist in lamellarer Wiederholung.

Spaltbarkeit nach dem pseudohexagonalen Prisma $\{110\}$ $\{010\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie nahe senkrecht zu $\{001\}$, Axenwinkel $2E = 30°—60°$.

Bei Temperaturerhöhung wird der Axenwinkel Null, die Zwillingslamellen verschwinden, und der monokline Drilling geht in einen einfachen hexagonalen Krystall mit fast genau den gleichen Winkeln und dem Axenverhältnisse $a:c = 1:1{,}3605$ über, wobei nach Steinmetz[15]) keine meßbare Volumänderung eintritt.

**Natriumsilicozirkonat** (nat. Elpidit) $= Si_6ZrO_{18}Na_2H_6$.

Spec. Gew. 2,52—2,59.
Rhombisch. $a:b:c = 0{,}5101:1:0{,}9781$ Flink.

Prismen $\{110\}$, $\{120\}$, $\{010\}$ mit den Endflächen $\{011\}$ und $\{001\}$.

Spaltbarkeit nach $\{110\}$ deutlich.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2E = 75°$ für Gelb.

## Metasilicate, -titanate usw. zweiwertiger Metalle nebst zugehörigen Halogenverbindungen und Hydraten.

**Berylliummetasilicat** $= SiO_3Be$ ist noch nicht dargestellt worden. **Magnesiummetasilicat** $= SiO_3Mg$ findet sich in der Natur rhombisch krystallisiert als Enstatit mit einem kleinen $FeO$-Gehalte; die reine Magnesiumverbindung bildet aus dem Schmelzflusse sowohl rhombische als

15) Steinmetz, Zeitschr. f. phys. Chemie 1905, **52**, 463.

monokline Krystalle mit dem gleichen Spaltungsprisma, von welchen die letzteren meist aus Zwillingslamellen nach {100} zusammengesetzt sind; es kann nach den vorhandenen Beobachtungen kaum bezweifelt werden, daß es sich hier um Polysymmetrie handelt, d. h. daß die scheinbar rhombischen Krystalle durch mikroskopische oder submikroskopische Zwillingsbildung aus Lamellen der pseudorhombisch-monoklinen Form aufgebaut sind. Es ist zwar neuerdings von Allen, Wright und Clement[1]) angegeben worden, daß die von ihnen aus Schmelzflüssen dargestellten rhombischen und monoklinen Krystalle ein etwas verschiedenes specifisches Gewicht besitzen, es beruht aber, wie in einer demnächst erscheinenden Arbeit von Zambonini (welche weitere Beweise der Polysymmetrie von $SiO_3Mg$ bringt) gezeigt wird, diese Differenz auf einer Ungenauigkeit ihrer Dichtebestimmungen, und was die von ihnen beobachtete Umwandlung der rhombischen Form in die monokline in höherer Temperatur betrifft, so handelt es sich hier nicht um eine bei einem bestimmten Punkte, wenn auch mit Überschmelzungserscheinungen, erfolgende polymorphe Umwandlung, sondern um eine allmähliche Umlagerung, wie bei anderen polysymmetrischen Körpern (Glaserit, Feldspat). Die Genannten haben ferner einfache Krystalle der monoklinen Form erhalten und glaubten aus deren Messungen auf einen großen Unterschied der $c$-Axe gegenüber derjenigen des Enstatit schließen zu können, dieser Unterschied beruht aber lediglich auf einem Fehler bei der Berechnung; soweit sich aus den Angaben jener Arbeit ersehen läßt, sprechen dieselben für eine große Ähnlichkeit der krystallographischen Dimensionen beider Formen. In einer sehr nahen Beziehung zu ihnen stehen ferner die Elemente derjenigen Verbindung, welche sich chemisch zu $SiO_3Mg$ ebenso verhält, wie Dolomit zu Magnesit (s. S. 200); dieser Körper, das **Magnesiumcalciummetasilicat** $= (SiO_3)_2MgCa$ tritt als Mineral Diopsid in monoklinen Krystallen auf, welche den gleichen Prismenwinkel besitzen und deren Endflächen einen pseudorhombischen Charakter zeigen, daher ihre Formen am geeignetsten auf Elemente zurückzuführen sind, deren $\beta$ nahe 90° (nach dem Vorschlage Tschermaks), und diese Elemente zeigen in der Tat Übereinstimmung mit denjenigen des rhombischen $SiO_3Mg$, dessen Formel deshalb auch vielfach verdoppelt $(SiO_3)_2MgMg$ angenommen wird. In dem Minerale Tremolit liegt ferner ein weiteres intermediäres Silicat, nämlich **Trimagnesiumcalciummetasilicat** $= (SiO_3)_4Mg_3Ca$ vor, welches ebenfalls monoklin, aber mit ganz anderen Cohäsions- und Axenverhältnissen krystallisiert, und dasselbe Spaltungsprisma, wie dieses Mineral, zeigt der rhombische Anthophyllit, dessen Zusammensetzung diejenige einer isomorphen Mischung der Metasilicate von Magnesium und zweiwertigem Eisen ist, daher man diesem Minerale auch die entsprechende Formel $(SiO_3)_4(Mg,Fe)_4$ beigelegt hat. Das reine Magnesiummetasilicat erhielten Allen, Wright und Clement[1]) theils durch rasches Abkühlen der Schmelzen, teils durch Erhitzen von Mag-

1) Allen, Wright u. Clement, Amer. Journ. Sc. 1906, (4) **22**, 385.

nesiumsalzen und gefällter Kieselsäure mit Wasser auf 375°—475° in mikroskopischen Faseraggregaten, welche nach ihren Eigenschaften dem Anthophyllit ähnelten, aber teils rhombisch, teils monoklin zu sein schienen. Sowohl aus diesen Beobachtungen, als aus den Eigenschaften des natürlichen Anthophyllits geht hervor, daß die rhombischen Krystalle der Anthophyllitreihe sich genau so zu den monoklinen verhalten, wie die der Enstatitreihe, d. h. dass beide im Verhältnisse der Polysymmetrie zu einander stehen.

Die beiden Mineralien Diopsid und Tremolit bilden die Anfangsglieder zweier Reihen von Mineralien, welche als monokline Pyroxene oder Augite und als monokline Amphibole oder Hornblenden unterschieden werden und die man nach obigem als im Verhältnisse chemischer Polymerie zu einander stehend betrachten kann; die in der Natur oft zu beobachtende Erscheinung, daß ein Pyroxen in den entsprechend zusammengesetzten Amphibol umgewandelt ist, würde dann auf einen Polymerisationsprozeß hindeuten. Die Krystallformen beider Reihen zeigen insofern eine gewisse Beziehung zu einander, als in der hier angenommenen Stellung $a:b:c$ des Tremolites ungefähr $= \frac{1}{2}a:b:\frac{1}{2}c$ des Diopsides ist, so daß das Prisma {110} des ersten dem Prisma {210} des letzteren entspricht, und bei der erwähnten Umwandlung des Pyroxens in Amphibol (Uralit) ist die Orientierung des letzteren durchweg die dieser Beziehung entsprechende, so daß die Krystalle die Form des Pyroxens bewahren, aber nach dem Prisma {210}, d. i. nach dem Amphibolprisma, spalten. Die übrigen Glieder beider Reihen von Mineralien unterscheiden sich dadurch von den beiden genannten Anfangsgliedern, daß das Magnesium durch zweiwerthiges Eisen zum Teil oder ganz ersetzt wird, andere dadurch, daß an Stelle der beiden zweiwertigen Atome $Mg$ und $Ca$ ein drei- und ein einwertiges Metallatom tritt; endlich erscheint in den verbreitetsten Gliedern dieser beider Mineralgruppen die Beimischung wechselnder Mengen eines Magnesium- Aluminium- (bzw. Ferri-)-Silicates; alle diese Verbindungen werden ihre Erwähnung bei den Doppelsalzen der Kieselsäure finden. Eine sehr große Ähnlichkeit mit den krystallographischen Verhältnissen der monoklinen Pyroxene zeigen diejenigen des Minerals Wollastonit, welches daher gewöhnlich dieser Mineralgruppe zugerechnet wird; dasselbe ist **Calciummetasilicat** $= Si\,O_3\,Ca$ (oder, als isomorph mit $(Si\,O_3)_2Mg\,Ca$ betrachtet, auch $(Si\,O_3)_2Ca_2$ geschrieben). Aus dem Schmelzflusse bildet sich jedoch gewöhnlich nicht dieser monoklin krystallisierende Körper, sondern (besonders bei rascher Ausscheidung) eine zweite hexagonale Modification; nach Allen und White[2]) wandelt sich Wollastonit bei 1180° vollständig in die letztere um, und diese schmilzt bei 1512°; da die hexagonale Modification unter 1180° durch Vermittelung eines Lösungsmittels wieder in die monokline umgewandelt werden kann, betrachten die Genannten das Calciummetasilicat als einen enantiotropen dimorphen Körper. Dagegen glaubt Tschermak[3]), daß hier ein Fall nicht von physi-

2) Allen u. White (Mess. u. opt. Unt. v. Wright), Amer. Journ. Sc. 1906, (4) **21**, 89.
3) Tschermak, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1906, **115** (I), 227.

kalischer, sondern von chemischer Isomerie vorliege, weil die durch Zersetzung mittels Salzsäure aus den beiden Substanzen erhaltenen Kieselsäuren sich verschieden verhalten, nämlich die aus den hexagonalen Krystallen dargestellte wie Metakieselsäure, die aus dem Wollastonit dargestellte jedoch derart (allerdings bei verschiedenen Versuchen verschieden), daß für sie die Zusammensetzung $Si_3O_9H_6$ vermutet werden könne. Von $SiO_3Mg$ und $SiO_3Ca$ verschieden, nämlich triklin, krystallisiert das **Manganometasilicat** = $SiO_3Mn$, sowohl als Mineral Rhodonit, als bei der Darstellung aus dem Schmelzflusse; indessen zeigt die Krystallform dieser Substanzen insofern eine gewisse Beziehung zu der der monoklinen Pyroxene, als die Krystalle nach einem Prisma von sehr ähnlichem Winkel spaltbar sind; da jedoch in den übrigen Formen keinerlei Annäherung an die monokline Symmetrie jener zu erkennen ist und auch keine Zwillingsbildungen vorliegen, welche auf Pseudosymmetrie hindeuten, so steht jedenfalls dieses Metasilicat zu denen des Calciums und Magnesiums im Verhältnisse der Polymorphie, d. h. es müßte noch eine mit $SiO_3Mg$ und $SiO_3Ca$ isomorphe Modification desselben existieren. Dargestellt worden ist eine solche noch nicht, wohl aber findet sich $SiO_3Mn$ in isomorpher Mischung in monoklinen Pyroxenen, z. B. ist der Schefferit aufzufassen als ein Diopsid $(SiO_3)_2MgCa$, in welchem ein Teil des $Mg$ durch $Fe$, ein Teil des $Ca$ durch $Mn$ isomorph ersetzt ist, und zwar nähert sich dieses Mineral in seinen krystallographischen und optischen Eigenschaften (unter Beibehaltung der monoklinen Symmetrie) um so mehr dem Rhodonit, je mehr es Mangan enthält. Andererseits vermag das trikline Silicat $SiO_3Mn$, wie die vorwiegend daraus bestehenden Schlacken und auch die natürlichen Vorkommen beweisen, ohne Änderung der Symmetrie beträchtliche Mengen $SiO_3Ca$ und noch mehr $SiO_3Mg$ und $SiO_3Fe$ aufzunehmen. Es ist also anzunehmen, daß auch dem Calcium- und dem Magnesiummetasilicate eine trikline Modification zukommt, welche bisher von den reinen Salzen noch nicht dargestellt worden ist. Das Gleiche gilt notwendig dann auch für das **Ferrometasilicat** = $SiO_3Fe$, welches als isomorphe Beimischung sowohl in rhombischen, monoklinen und triklinen Pyroxenen, als auch in den entsprechenden rhombischen, monoklinen und triklinen Amphibolmineralien auftritt; für sich oder mit $SiO_3Mg$ zusammen geschmolzen, bildet es neben einander rhombische und monokline Krystalle, und letztere Symmetrie zeigen auch Schlackenkrystalle, welche vorherrschend aus $SiO_3Fe$ bestehen; obgleich noch keine Messungen dieses Silicates vorliegen, ist doch anzunehmen, daß jene rhombischen bzw. monoklinen Krystalle mit den beiden polysymmetrischen Modificationen der Magnesiumverbindung isomorph sind. Dementsprechend existiert auch das dem Diopside $(SiO_3)_2MgCa$ analoge **Ferrocalciummetasilicat** = $(SiO_3)_2FeCa$, und zwar als Mineral Hedenbergit, welches, vollkommen isomorph mit dem Diopside, mit diesem in allen möglichen Verhältnissen gemischt die sogenannte »Diopsidreihe« der Pyroxenmineralien bildet. Durch Zusammenschmelzen von $CO_3Sr$, $CO_3Ba$ und $CO_3Pb$ mit Kieselsäure stellte Bourgeois[4]) die Metasilicate

4) Bourgeois, Ann. chim. phys. 1888, (5) **29**, 445. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 401.

von Strontium, Baryum und Blei dar in Aggregaten dünner Prismen mit ähnlichen optischen Eigenschaften, wie sie das hexagonale Calciummetasilicat (S. 231) zeigt. Andererseits hat Traube[5]) aus der Lösung in geschmolzener Borsäure bei sehr hoher Temperatur mikroskopische wasserhelle Prismen von $SiO_3Zn$ erhalten, welche nach Form und optischen Eigenschaften rhombisch zu sein schienen und welche er daher für isomorph mit Enstatit hält.

Ganz verschieden von den Metasilicaten der zweiwertigen Metalle krystallisieren die entsprechend zusammengesetzten titansauren Salze. **Magnesiummetatitanat** (Geikielith) $= TiO_3Mg$ stimmt in seinen Eigenschaften so vollkommen mit den sogleich zu erwähnenden Titanaten des Mangans und Eisens überein, daß es unzweifelhaft als isomorph mit diesen und daher der rhomboëdrischen Symmetrieklasse angehörig betrachtet werden muß. Abweichend verhält sich auch hier wieder das Calciumsalz, denn **Calciummetatitanat** $= TiO_3Ca$ krystallisiert in pseudokubischen, nach ihren optischen Eigenschaften wahrscheinlich rhombischen Formen; die natürlichen Krystalle (Perowskit) enthalten kleine Mengen $Fe$ für $Ca$, diejenigen des sogen. Knopit auch Cer, welches vielleicht als vierwertig das Titan vertritt. Ob eine dem Diopside entsprechende Verbindung $(TiO_3)_2MgCa$ existiert, ist noch nicht untersucht worden. Dagegen sind unzweifelhaft mit dem Magnesiumsalze isomorph: **Manganometatitanat** (Pyrophanit) $= TiO_3Mn$ und **Ferrometatitanat** (Ilmenit) $= TiO_3Fe$; letzteres ist noch nicht in meßbaren Krystallen dargestellt worden, und die natürlichen Krystalle haben nur z. T. die angegebene Zusammensetzung, z. T. enthalten sie in wechselnden Mengen Eisenoxyd, dessen Krystallform (s. **1**, 105) sich wesentlich nur dadurch von der des Ilmenites unterscheidet, daß die erstere trigonal skalenoëdrisch, die letztere rhomboëdrisch ist, entsprechend der höheren bzw. geringeren Symmetrie des chemischen Moleküls beider Körper:

$$Fe \equiv O_3 \equiv Fe \quad \text{bzw.} \quad Ti \equiv O_3 = Fe.$$

Da genauere Bestimmungen des spec. Gew. weder von $Fe_2O_3$ noch von $TiO_3Fe$ vorliegen, kann nicht festgestellt werden, ob die Äquivalentvolumina beider Substanzen eine ähnliche Übereinstimmung zeigen, wie die von $NO_3Na$ und $CO_3Ca$ (s. S. 57), und sie infolge dieser Beziehung Mischkrystalle zu bilden imstande sind, wie eigentlich isomorphe Körper. Außer der Magnesium- und Manganverbindung hat Bourgeois (s. S. 240) nach derselben Methode auch Nickel- und Kobaltmetatitanat dargestellt, ersteres in gelblichgrünen, letzteres in tiefvioletten mikroskopischen Krystallen, oktaëderähnlichen Combinationen von {111} mit einem Rhomboëder, und daher wahrscheinlich ebenfalls isomorph mit den erstgenannten Salzen. Derselbe[6]) erhielt ferner durch Schmelzen von $TiO_2$ und $CO_3Sr$ bzw. $CO_3Ba$

5) Traube, Ber. d. d. chem. Ges. 1893, **26**, 2735. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 631.

6) Bourgeois, Compt. rend. 1886, **103**, 141. Bull. soc. chim. **46**, 262. Bull. soc. fr. min. **9**, 244. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 280.

mit einem Überschusse von $SrCl_2$ bzw. $BaCl_2$ kubische Krystalle mit den optischen Eigenschaften des Perowskit, welche aber einen höheren Titansäuregehalt besaßen und für die er als wahrscheinlichste Formel annimmt: $Ti_3O_8Sr_2$ bzw. $Ti_3O_8Ba_2$.

Über die zirkonsauren Salze zweiwertiger Metalle gibt Bourgeois[7]) an, daß man $ZrO_3Mg$ und $ZrO_3Ca$ prismatisch krystallisiert erhalte durch Schmelzen von Zirkon mit den Chloriden von Magnesium bzw. Calcium und mit Ammoniumchlorid. Hjortdahl[8]) hatte schon früher durch Schmelzen von $ZrO_2 + SiO_2$ mit $MgCl_2$ neben Periklasoktaëdern prismatische, wahrscheinlich rhombische, Krystalle erhalten, an welchen er einen Prismenwinkel von 73° 55′ messen konnte, von denen aber keine Analyse vorliegt.

Durch Schmelzen von $SiO_2$ mit $CaCl_2$ bei Gegenwart von Wasserdampf erhielt Gorgeu[9]) pseudohexagonale, fast einaxige Täfelchen mit starker positiver Doppelbrechung, denen wahrscheinlich die Zusammensetzung $SiO_3Ca.CaCl_2$ oder $SiO_3(CaCl)_2$ zukommt.

Als saure Metasilicate können betrachtet werden der in nicht meßbaren, wahrscheinlich monoklinen Krystallen vorkommende Talk $= Si_4O_{12}Mg_3H_2$ und der in rhombischen Prismen von $57\frac{2}{3}°$ krystallisierende Okenit $= (SiO_3)_2CaH_2.H_2O$; der trikline Inesit (Rhodotilit) ist ein **Manganometasilicat-Hemihydrat** $= SiO_3Mn.\frac{1}{2}H_2O$, in welchem aber ein Teil des $Mn$ durch $Ca$ vertreten ist. Als **Baryummetasilicat-Hexahydrat** $= SiO_3Ba.6H_2O$ wird auch gewöhnlich ein schönes, z. T. flächenreiche rhombische Krystalle bildendes, mehrfach untersuchtes Salz bezeichnet, obgleich nach Cossa[10]) und Wahl[11]) 5 Mol. $H_2O$ unter 120° entweichen, das sechste erst bei einer weit höheren Temperatur, bei welcher schon Zersetzung des Salzes eintritt, daher die wahrscheinlichere Formel die eines sauren Orthosilicates $SiO_4BaH_2.5H_2O$ ist.

### Magnesiummetasilicat (nat. Enstatit) $= SiO_3Mg$.

Spec. Gew. 3,161 Ebelmen[12]).

Polysymmetrisch: monoklin und rhombisch ($a:b:c = 1,03:1:0,59$ circa).

Zuerst dargestellt von Ebelmen durch Zusammenschmelzen von $SiO_2$, $MgO$ und $B_2O_3$, die beiden ersteren im Verh. 1 : 1 (bei größerem $Mg$-Gehalte entsteht ein Gemenge von $SiO_3Mg$ und $SiO_4Mg_2$), in centimeterlangen Prismen $m\{110\}$ mit $a\{100\}$, ohne Endflächen; vollkommen spaltbar nach $m$, $m:m = (110):(1\bar{1}0) = 92° 29'$. Diese Krystalle wurden später von Fouqué und Michel-Lévy[13]) als monoklin erkannt durch die Beobachtung, daß dieselben

7) Bourgeois, Reprod. artific. d. minéraux (Encycl. chim. 2), Paris 1884, 137.

8) Hjortdahl, Compt. rend. 1865, 61, 213. Ann. d. Chem. u. Pharm. 1865, 137, 236.

9) Gorgeu, Compt. rend. 1884, 99, 256. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 11, 194. — Bull. soc. fr. min. 1887, 10, 272. Ausz. Zeitschr. f. Krystall., 15, 646.

10) Cossa u. La Valle, Trans. Accad. Linc. Roma 1884, 8, 299. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 11, 399.

11) Wahl, Zeitschr. f. Krystall. 1902, 36, 156.

12) Ebelmen, Ann. chim. phys. 1851, (3) 33, 58. E., Chimie etc. Paris 1861, 1, 183.

13) Fouqué u. Michel-Lévy, Bull. soc. fr. min. 1881, 4, 280.

aus zahlreichen Zwillingslamellen nach $a\{100\}$ mit einer Auslöschungschiefe von 28° zusammengesetzt sind. Die Genannten erhielten ebenfalls Krystalle mit den gleichen Zwillingslamellen beim Schmelzen eines Gemenges von $SiO_2$, $MgO$ und $(SO_4)_2Fe(NH_4)_2$. Auch Vogt[14]) beobachtete in den Ebelmenschen Präparaten die Zwillingslamellen und fand außerdem Spaltbarkeit nach Ebenen, welche 85°—90° bzw. 45° mit der $c$-Axe bilden; eines der Präparate erwies sich jedoch als rhombisch; in $Mg$-$Ca$-Silicatschmelzen von Åkerman beobachtete Vogt auch die Verwachsung monokliner und scheinbar rhombischer Krystalle. Hautefeuille[15]) erhielt durch Erhitzen eines Gemenges von $SiO_2$ und $MgCl_2$ ein ähnliches Präparat wie Ebelmen. Vogt (l. c. 76 f.) beobachtete in verschiedenen Hohofenschlacken, welche reich an $SiO_3Mg$ sind, die Ausscheidung rhombischer Krystalle, die jedoch nicht isoliert wurden. Endlich haben Allen, Wright und Clement[1]) aus Schmelzen von $MgO$ und $SiO_2$ im Verhältnisse 1 : 1, sowohl ohne als mit Zusätzen, beide Formen, meist neben einander und häufig mit einander verwachsen, erhalten; die besten und zum Teil einfachen monoklinen Krystalle bilden sich beim Erhitzen mit $MgCl_2$ in einem $HCl$-Strome; dieselben zeigten ein Prisma $\{110\}$, $\{100\}$, $\{010\}$ mit den vorherrschenden Endflächen $\{111\}$, $\{\bar{1}11\}$; die corrigierte Berechnung der Elemente aus den besten Messungen durch Zambonini ergab: $a : b : c = 1{,}033 : 1 : 0{,}591$, $\beta = 90°49'$; da ein Teil der übrigen Messungen erhebliche Abweichungen von den berechneten Werten zeigen, scheint die Genauigkeit derselben keine große zu sein. Meßbare rhombische Krystalle haben die Genannten nicht erhalten. Bei der Wiederholung der Ebelmenschen Synthese hat neuerdings Wahl[16]) monokline Krystalle der Combination $\{110\}$, $\{100\}$, $\{010\}$, $\{102\}$, $\{\bar{1}02\}$ erhalten, welche aus Zwillingslamellen nach $\{100\}$ zusammengesetzt waren und eine Auslöschungsschiefe von nur 13° zeigten; dies spricht dafür, daß die Zwillingslamellen selbst wieder aus noch dünneren zusammengesetzt sind, von denen je das eine System vorwaltet, so daß keine vollständige Compensation zu den optischen Eigenschaften eines rhombischen Krystalles stattfindet, ein Verhalten, welches vollkommen analog dem der pseudomonoklinen Feldspäte ist.

Der natürliche Enstatit bildet rhombische Combinationen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $q\{203\}$, $k\{102\}$, $\varphi\{106\}$, $\tau\{223\}$ u. a. Formen, deren Elemente nur angenähert zu $a : b : c = 1{,}035 : 1 : 0{,}587$ bestimmt werden konnten (also sehr nahe gleich den oben für die monoklinen Krystalle angegebenen Werten); das Mineral enthält 3 % $FeO$ als isomorphe Beimischung von $SiO_3Fe$. Genauer meßbar sind die eisenreicheren Mischungen, welche ergaben: $a : b : c = 1{,}0308 : 0{,}5885$ (Bronzit mit ca. 13 % $FeO$) bzw. $a : b : c = 1{,}0295 : 1 : 0{,}5868$ (Hypersthen mit ca. 25 % $FeO$). Diese Mineralien zeigen außer den genannten Formen häufig auch: $n\{120\}$, $h\{104\}$, $o\{111\}$, $e\{122\}$, $i\{121\}$ u. a. Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ ziemlich vollkommen, nach $a\{100\}$ unvollkommen. Ebene der optischen Axe $a\{100\}$; 1. Mittellinie die Axe $c$ bei den eisenärmeren Mischungen; durch Zunahme des Axenwinkels mit dem Eisengehalte wird $c$ bei den über 10 % $FeO$ enthaltenden Mischungen 2. Mittellinie; $\alpha = 1{,}656$—$1{,}665$, $\beta = 1{,}659$—$1{,}669$, $\gamma = 1{,}665$—$1{,}674$ für eisenärmere Mischungen.

Das Mineral Anthophyllit hat die gleiche empirische Zusammensetzung $SiO_3(Mg, Fe)$, aber eine völlig andere Krystallstructur; die nach ihrem optischen Verhalten rhombischen Krystalle haben die Elemente $a : b : c = 0{,}51 : 1 : 0{,}2$ ca.

14) Vogt, Mineralbildung in Schmelzmassen (Arch. f. Math. og Naturvid. **13** und **14**), Kristiania 1892, 71. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 169.

15) Hautefeuille, Ann. chim. phys. 1865, (4) **4**, 174. S. auch Fouqué u. Michel-Lévy, Synthèse d. minéraux et des roches, Paris 1882, 108 u. 111.

16) Wahl, Tschermaks min. u. petr. Mitt. 1907, **26**, 107.

und spalten vollkommen nach einem Prisma $m\{110\}$ von 54° 12′—55° 18′, unvollkommen nach $b\{010\}$ und $a\{100\}$; Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, Axe $c$ Schwingungsrichtung der kleinsten Lichtgeschwindigkeit und meist 1. Mittellinie; für Krystalle mit 10% $FeO$ wurden gefunden: für $Li$: $2V = 90°4'$, $\beta = 1,628$; für $Na$: $2V = 88°46'$, $\alpha = 1,629$, $\beta = 1,630$, $\gamma = 1,640$; für $Tl$: $2V = 87°28'$, $\beta = 1,6495$.

**Magnesiumcalciummetasilicat** (nat. Diopsid) = $(SiO_3)_2MgCa$.

Spec. Gew. 3,1—3,3 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0503:1:0,5894$; $\beta = 90°9'$ Zambonini (nat. Kryst.).

Daubrée[17]) erhielt prismatische Krystalle durch Behandeln von Glas mit überhitztem Wasserdampf, Lechartier[18]) durch Zusammenschmelzen von $MgSiO_3$, $MgO$, $CaO$ und $CaCl_2$. Häufig bilden sich Diopsidkrystalle in Hohofen- und anderen Schlacken, dieselben enthalten aber stets $FeO$, $Al_2O_3$ usw. und sind daher Mischungen mit anderen Silicaten; meist ist an ihnen nur das Prisma $m\{110\}$ zu ca. 93° gemessen worden; eine vollständigere krystallographische Untersuchung liegt nur vor von den in einem englischen Bessemerconverter durch Einwirkung von quarzigen Füllsteinen auf magnesiahaltigen Kalkstein entstandenen Krystallen, welche nur einige Procente jener Beimengungen enthielten und nach Maskelyne[19]) die Combination $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{\bar{3}42\}$, $s\{\bar{1}22\}$ zeigten. Die einzigen von jenen Beimengungen im wesentlichen freien Krystalle sind die in einer Fabrik feuerfester Ziegel für den Bessemerprozeß in Wales zufällig entstandenen, von Gruner[20]) beschriebenen, von welchen aber nur der Prismenwinkel (durch Friedel) identificiert wurde.

Die natürlichen Krystalle, welche selten frei von $FeO$ sind, zeigen zahlreiche Formen, unter denen die häufigsten sind: $a\{010\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $f\{310\}$, $u\{322\}$, $o\{\bar{3}42\}$, $c\{102\}$, $p\{\bar{1}02\}$. Häufig Zwillingsbildung nach $a\{100\}$ und nach $c\{102\}$.

| | Berechnet: | Beob. (Maskelyne): |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = 92° 55′ | 92° 43′ |
| $o:m = (34\bar{1}):(110)$ | = 35 35 | 35 20½ |
| $s:m = (12\bar{2}):(110)$ | = 58 46 | 59 38 |
| $s':m = (\bar{1}22):(110)$ | = 78 56 | 78 44 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ ziemlich vollkommen; Gleitflächen sind $a\{100\}$ und $c\{102\}$.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet 38° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; Dufet fand für natürliche blaßgrüne (also nicht eisenfreie!) Krystalle:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ |
|---|---|---|---|---|
| für $Li$: | $\alpha = 1,6669$ | $\beta = 1,6738$ | $\gamma = 1,6956$ | $2V = 59°8\frac{2}{3}'$ |
| » $C$: | 1,6675 | 1,6744 | 1,6962 | 59 8½ |
| » $D$: | 1,6707 | 1,6776 | 1,6996 | 59 7 |
| » $Tl$: | 1,6742 | 1,6812 | 1,7035 | 59 3⅓ |
| » $F$: | 1,6780 | 1,6850 | 1,7077 | 59 1⅓ |

Jenseits $F$ nimmt der Axenwinkel wieder zu.

17) Daubrée, Compt. rend. 1857, **45**, 792. Annales d. mines 1857, (5) **12**, 304; 1859, (5) **16**, 439.

18) Lechartier, Compt. rend. 1868, **67**, 48.

19) N. Story-Maskelyne, Philos. Magaz. Lond. 1878, (5) **7**, 135. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 644.

20) Gruner, Compt. rend. 1878, **87**, 937. Bull. soc. fr. min. 1878, **1**, 106. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **8**, 443.

**Trimagnesiumcalciummetasilicat** (nat. Tremolit, Grammatit) = $(SiO_3)_4Mg_3Ca$.

Spec. Gew. 2,9 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,5226:1:0,2886$; $\beta = 90^\circ 17'$ (nat. Kryst., nach Flinks Mess. berechnet von Zambonini).

Nur als Mineral bekannt in Prismen {110} mit {010}, {100}, {130}, {122}, {102}. Häufig Zwillinge nach {100}.

Spaltbarkeit nach *m*{110} sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene *b*{010}, 1. Mittellinie bildet mit der *c*-Axe 75° im stumpfen Winkel $\beta$; für Rot: $2V = 87^\circ 27'$, $\beta = 1,620$; für Gelb: $2V = 87^\circ 31'$, $\beta = 1,622$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.). Flink fand positive Doppelbrechung und $2V = 84^\circ 9'$, $\beta = 1,617$ (*Li*), 1,618 (*Na*), 1,620 (*Tl*).

Der **Aktinolith** oder **Strahlstein** ist eine isomorphe Mischung von der Zusammensetzung $(SiO_3)_4(Mg, Fe)_3Ca$; da von diesem Minerale bisher keine Krystalle mit meßbaren Endflächen untersucht wurden, ist es nicht möglich, den Einfluß des Eisenoxydulgehaltes auf die krystallographischen Elemente desselben zu bestimmen.

## Calciummetasilicat = $SiO_3Ca$.

### Monokline Modification (nat. Wollastonit).

Spec. Gew. 2,921 Tschermak (nat. Kryst.), 2,912—2,915 Allen u. White[2]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0523:1:0,9694$; $\beta = 95^\circ 24\frac{1}{2}'$ Grosser (nat. Kryst.).

Nach Hussak[21]) entstehen beim Auflösen von $SiO_3Ca$ in einer aus Natriumsilicat und Calciumborat hergestellten Glasschmelze neben hexagonalen Täfelchen auch Stäbchen von Calciumsilicat, welche in der Spaltbarkeit und der Orientierung der optischen Axen mit Wollastonit übereinstimmen. Vogt[14]) (l. c. 68, s. auch [22])) erkannte eine Hohofenschlacke als ein Gemenge von Glas mit mikroskopischen Täfelchen, begrenzt von *a*{100}, *c*{001}, *v*{101} (?), mit Spaltbarkeit nach {100} und {001} und mit einer Auslöschungsschiefe von 34°—36° zu {100}; häufig Zwillinge nach {100}.

Meßbare Krystalle, nadelförmige Combinationen von *a*{100}, *c*{001} und *v*{101} ohne Endflächen, beobachtete Heberdey[23]) neben Krystallen der hexagonalen Modification in einer beim Verschmelzen von sogen. Dürrerzen in Přibram erhaltenen Schlacke. Auch in Gläsern sind Mikrolithen mit den Eigenschaften des Wollastonit einige Male beobachtet worden. Alle sonstigen älteren Darstellungen von $SiO_3Ca$ und die Angaben über dessen Vorkommen in Schlacken beziehen sich auf das hexagonale Silicat. Dagegen erhielten Allen und White[2]) die monokline Modification in faserigen Aggregaten durch Erhitzen eines Glases, welches durch Schmelzen von $1 SiO_2$ und $1 CO_3Ca$ und rasches Abkühlen hergestellt worden war, ferner in kleinen, aber meßbaren Krystallen

21) Hussak, Verhandl. d. naturhist. Vereins Rheinl. Bonn 1887, Corr.-Bl. 97. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **17**, 101.

22) Vogt, Die Silicatschmelzlösungen I (Vidensb. Selsk. Skr.), Kristiania 1903, 45. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 301 und **48**, 94.

23) Heberdey, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **26**, 22.

der Combination $c\{001\}$, $t\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $\alpha\{10\bar{2}\}$, $v\{101\}$, $m\{110\}$ durch Auflösen der hexagonalen Modification in geschmolzenem Calciumvanadat bei 800°—900°, bei welcher Temperatur die monokline Modification stabiler ist. Auch Morozewicz[24]) beobachtete unzweifelhaft monokline Nadeln in kalkreichen Fabrikgläsern.

Die natürlichen Krystalle zeigen vorwaltend $a\{100\}$, $c\{001\}$, $v\{101\}$, $t\{10\bar{1}\}$ und andere Formen der Zone der Symmetrieaxe, an den Enden $m\{110\}$, $x\{120\}$, $z\{320\}$ u. a. Lamellare Zwillingsbildung nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Heberdey: | Wright: |
|---|---|---|---|
| $a:c$ = (100):(010) | = 84° 35½′ | 84° 50′ | 84° 30′ |
| $v:a$ = (101):(100) | = 44 33 | 44 43 | 45 6 |
| $m:a$ = (110):(100) | = 43 40 | — | 43 10 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ und $c\{001\}$ vollkommen, $t\{10\bar{1}\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet 12° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; $2E = 70°40'$ rot, 69° grün, 68° 24′ violett Des Cloizeaux; Brechungsindices für Gelb nach Michel-Lévy und Lacroix und nach Mallard:

$$\alpha = 1{,}619—1{,}621, \quad \beta = 1{,}632—1{,}633, \quad \gamma = 1{,}634—1{,}635.$$

### Hexagonale Modification.

Spec. Gew. 2,86 Vogt[22]), 2,88—2,90 Dölter[25]).

Das durch Zusammenschmelzen von $SiO_2$ und $CaO$ im Verh. 1 : 1 oder aus dem Schmelzflusse von Wollastonit erhaltene Product wurde zuerst von Dölter[25]) als in hexagonalen oder pseudohexagonalen Prismen krystallisierend erkannt und dessen optische Eigenschaften bestimmt, nachdem bereits Bourgeois[26]) die Abweichung der Eigenschaften von denen des Wollastonit durch Beobachtung der optischen Einaxigkeit festgestellt hatte. Auch die von Lechartier[18]) durch Schmelzen von $SiO_2$ und $CaO$ in $CaCl_2$ erhaltenen Krystalle gehören nach Vogt[14]) (l. c. 60 Anm.) der hexagonalen Modification an.

Das häufige Vorkommen hexagonaler, oft centimetergroßer Krystalle von $SiO_3Ca$ in kalkreichen Schlacken war schon vor Dölter von Vogt[27]) nachgewiesen worden; dieselben bilden nach ihm[14]) (l. c. 57) die Combination $\{0001\}$ $\{10\bar{1}0\}$, entweder tafelförmig oder kurzprismatisch, zuweilen mit einer nicht meßbaren flachen, hexagonalen Bipyramide (eine solche, unter 13° zu $\{0001\}$ geneigt, wurde auch von Hausmann[28]) erwähnt).

Doppelbrechung positiv; optisch anomal zweiaxig, aber immer mit sehr kleinem Axenwinkel (s. S. 254). $\omega = 1{,}615$, $\varepsilon = 1{,}636$ Day und Shepherd[29]) (Diese halten die Krystalle für pseudohexagonal und wahrscheinlich monoklin.)

---

24) Morozewicz, Tschermaks min. u. petr. Mitt. 1898, **18**, 124. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **33**, 506.

25) Dölter, N. Jahrb. f. Min. usw. 1886, **1**, 119. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **13**, 312.

26) Bourgeois, Bull. soc. min. fr. 1882, **5**, 13. Thèse de facult. d. sc. Paris 1883, 5. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **8**, 401.

27) Vogt, Bihang K. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1884, **9**, I, 86. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 323.

28) Hausmann, Studien d. Ver. Göttinger Bergmänn. Freunde 1854, **6**, 333.

29) Day u. Shepherd, Amer. Journ. Sc. 1906, (4) **22**, 296.

### Manganometasilicat (nat. Rhodonit) = $SiO_3Mn$.

Spec. Gew. 3,68 Gorgeu[30]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}0729:1:0{,}6213 \text{ Flink (nat. Kryst.).}$$
$$\alpha = 103^\circ 18', \quad \beta = 108^\circ 44', \quad \gamma = 81^\circ 39'.$$

Dargestellt von Bourgeois[31]) durch Erhitzen einer Schmelze von $SiO_2$ und $MnO_2$ in nach der $c$-Axe prismatischen Aggregaten mit den Spaltungsflächen $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $c\{001\}$, ferner aus einer Lösung in geschmolzenem $MnCl_2$ in kleinen, gut ausgebildeten Krystallen mit den Formen $\mu\{1\bar{1}0\}$ (vorherrschend), $c\{001\}$, $m\{110\}$, untergeordnet $a\{100\}$, $b\{010\}$, $k\{\bar{2}21\}$. Kleine, hellrote Krystalle von der angegebenen Dichte erhielt Gorgeu[30]) beim Überleiten von Wasserdampf im $H$- oder $CO_2$-Strome über eine rotglühende Mischung von $MnCl_2$ und $SiO_2$.

Von einer durch Wiser früher beschriebenen blättrigen Masse, welche sich in einem Hohofen gebildet hatte, gibt Fuchs[32]) die Zusammensetzung $SiO_3Mn$ und zwei Spaltungsebenen unter 87° an. Jereméjew[33]) beobachtete an zufällig in einer Eisengießerei entstandenen Krystallen die Formen $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $q\{221\}$, $k\{\bar{2}21\}$. Nach Vogt[14]) (l. c. 81) bilden sich in den Bessemer- und Martinschlacken bei hohem Mangangehalte des Roheisens häufig frei entwickelte, stets eisenhaltige Krystalle, tafelförmig nach $c\{001\}$ mit den Randflächen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, untergeordnet und nicht immer vorhanden $\mu\{1\bar{1}0\}$, $q\{221\}$ und einige schmale, nicht sicher bestimmbare Formen. Eine ebenfalls trikline, in den Winkeln aber vom Rhodonit abweichende krystallisierte, manganreiche Schlacke, deren Zusammensetzung jedoch nicht bekannt ist, beschreibt Hlawatsch[34]).

Die natürlichen Krystalle, welche stets $CaO$ und $FeO$ neben $MnO$ enthalten, zeigen die genannten und eine Reihe anderer Formen und zeichnen sich durch eine sehr große Mannigfaltigkeit der Ausbildung aus.

| | Berechnet: | Beobachtet: Bourgeois: | Jereméjew: | Vogt: |
|---|---|---|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 92^\circ 28\frac{1}{2}'$ | 92° 30' | 92° 40' | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100)$ | $= 43\ 55\frac{1}{2}$ | 44 0 circa | — | — |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0)$ | $= 41\ 38\frac{1}{2}$ | 42 0 » | — | — |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001)$ | $= 86\ 23$ | 86 30 | — | — |
| $m:c = (110):(001)$ | $= 68\ 45$ | 69 50 | — | 69° 0' |
| $q:c = (221):(001)$ | $= 43\ 7\frac{1}{2}$ | — | — | 43 48 |
| $a:c = (100):(001)$ | $= 72\ 36\frac{1}{2}$ | — | — | 71 34 |
| $b:c = (010):(001)$ | $= 78\ 42$ | — | — | 78 30 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$ unvollkommen, nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ; die Ebene der optischen Axen schneidet $\mu\{1\bar{1}0\}$ unter 63°, $c\{001\}$ unter $38\frac{1}{2}°$; $2V = 75°57'$ ($Li$), $76°12'$ ($Na$), $76°22'$ ($Tl$).

30) Gorgeu, Compt. rend. 1883, **97**, 320. Ann. chim. phys. 1885, (6) **4**, 524. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 645. — Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 264. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 645.

31) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1883, **6**, 64. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 626.

32) Fuchs, Die künstl. dargestellten Mineralien. Preisschr. Haarlem 1872, 132.

33) Jereméjew, Verhandl. K. Russ. min. Ges. Petersburg 1879, (2) **14**, 247. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **8**, 189.

34) Hlawatsch, Zeitschr. f. Krystall. 1907, **42**, 590.

Eine Schwingungsrichtung in $c\{001\}$ bildet mit der Kante $cm$ $54\frac{1}{2}°$, mit $c\mu$ $39\frac{1}{2}'$, in $b\{010\}$ $10\frac{3}{4}°$ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$, in $a\{100\}$ $32\frac{1}{2}°$ im spitzen Winkel $\alpha$. Pleochroïsmus deutlich: rosarot, rotgelb, blaß rotblau.

### Ferrometasilicat = $SiO_3Fe$.

Die von Fouqué und Michel-Lévy dargestellten, aber nicht näher beschriebenen Schmelzen von $SiO_3Fe$ und von Mischungen mit $SiO_3Mg$ zeigen nach Vogt[14]) (l. c. 80) neben einander rhombische Krystalle vom Pyroxenhabitus und in ziemlich bedeutender Menge lamellare Zwillinge mit schiefer Auslöschung. Derselbe (l. c. 78) beobachtete in einer an $SiO_3Fe$ sehr reichen Schlacke zahlreiche mikroskopische, wasserhelle Krystalle von langprismatischer Gestalt und ungefähr rechtwinkeligem Querschnitte, z. T. Zwillinge parallel der Längsaxe, mit einer zu letzterer ungefähr senkrechten Endfläche, nach welcher ziemlich gute Spaltbarkeit vorhanden ist; Auslöschung unter 25°—30° zur Längsaxe.

### Ferrocalciummetasilicat (Hedenbergit, Kalkeisenaugit) = $(SiO_3)_2FeCa$.

Spec. Gew. 3,15 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,050:1:0,587; \quad \beta = 90\frac{1}{2}° \text{ circa.}$$

Noch nicht künstlich dargestellt. In der Natur nur selten in vollkommenen Krystallen (meist in blätterigen Aggregaten), von welchen noch keine genauen Bestimmungen vorliegen, während manche der eisenreichen Mischungen, z. B. solche mit 6—7 % $MgO$ ausgezeichnete und z. T. flächenreiche Krystalle bilden, mit den vorherrschenden Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $c\{102\}$, $p\{\bar{1}02\}$. Eingehende Untersuchungen über die Abhängigkeit der krystallographischen und optischen Verhältnisse von der Zusammensetzung der Mineralien der Diopsidreihe, d. i. der isomorphen Mischungen von $(SiO_3)_2MgCa$ und $(SiO_3)_2FeCa$ liegen besonders von Flink[35]) vor, und eine noch vollständigere ist demnächst von Zambonini zu erwarten.

### Magnesiummetatitanat (Geikielith) = $TiO_3Mg$.

Rhomboëdrisch.

$$\alpha = 85°34' \quad (a:c = 1:1,370 \text{ Sustschinsky}) \text{ (nat. Kryst.).}$$

Zuerst dargestellt von Ebelmen[36]), später von Hautefeuille[37]) durch Erhitzen von $TiO_2$ mit $MgCl_2$ und $NH_4Cl$, dann von Bourgeois[38]) durch Schmelzen von $MgCl_2$ mit $TiO_2$; Letzterer beschreibt die Krystalle als negativ einaxige hexagonale Täfelchen.

An den natürlichen Krystallen, welche nicht unerhebliche Mengen Eisen enthalten, wurden nur $c\{111\}$ und $\varphi\{611\}$ als Krystallflächen, $r\{100\}$ als Spaltungsflächen beobachtet.

Doppelbrechung negativ, stark.

### Calciummetatitanat (Perowskit) = $TiO_3Ca$.

Spec. Gew. 3,95—4,10 Ebelmen[39]).

Rhombisch(?)-pseudokubisch.

---

35) Flink, Zeitschrift f. Krystall. 1886, **11**, 481.

36) Ebelmens Präparat besteht nach Friedel (Bull. soc. chim. Paris 1868, **5**, 202) aus hexagonalen Täfelchen.

37) Hautefeuille, Ann. chim. phys. 1865, (4) **4**, 167.

38) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1892, **15**, 194. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**, 527.

39) Ebelmen, Compt. rend. 1851, **32**, 710; 1852, **33**, 525. E., Chimie sc. Paris 1861, **1**, 205, 219.

Ebelmen[39]) stellte durch Erhitzen von $TiO_2$, $CO_3Ca$ und Alkalicarbonat bis zur Verflüchtigung des Alkalis kleine Pseudohexaëder, zuweilen mit Oktaëderflächen, dar, welche nach Fouqué und Michel-Lévy[40]) aus Zwillingslamellen parallel den Seitenflächen zusammengesetzt sind. Hautefeuille[41]) beobachtete, daß der Titanit $SiTiO_5Ca$, gelöst in geschmolzenem $CaCl_2$, durch Wasserdampf zerstört wurde unter Bildung von $TiO_3Ca$; er erhielt letzteres direct durch Erhitzen von $TiO_2$, $CaO$ und $CaCl_2$ in sehr kleinen, aus verschieden orientierten doppeltbrechenden Partien zusammengesetzten Krystallen. Bourgeois[42]) beschreibt die von ihm durch Schmelzen von $CaCl_2$ mit $TiO_2$ und $CO_3Ca$ dargestellten Krystalle als Pseudohexaëder mit starker Doppelbrechung, diagonaler Auslöschung und Zwillingsstreifung parallel den Seiten der Flächen. Ebenso erhielt Holmquist[43]) aus den Sodaschmelzen von $TiO_2$ und $CO_3Ca$ Perowskit in Hexaëdern, zuweilen mit $\{111\}$, seltener vorherrschend oktaëdrische Krystalle, doppeltbrechend und mit feiner Gittertextur parallel den Hexaëderkanten, sowie mit der gleichen Felderteilung wie die natürlichen Krystalle.

Die natürlichen Perowskitkrystalle sind höchst complicierte Verwachsungen optisch zweiaxiger, wahrscheinlich rhombischer Lamellen, stellenweise durch Übereinanderlagerung scheinbar einaxig, mit positiver Doppelbrechung.

### Manganometatitanat (Pyrophanit) = $TiO_3Mn$.

Spec. Gew. 4,6 Bourgeois[38]) (4,54 nat. Kryst.).

Rhomboëdrisch. $\alpha = 85^\circ 36'$ ($a : c = 1 : 1,369$ Hamberg (nat. Kryst.).

Zuerst dargestellt von Hautefeuille[37]) (l. c. 173) durch Erhitzen von $TiO_2$ mit $MnCl_2$ und $NH_4Cl$ in dünnen Blättchen; Bourgeois[38]) erhielt nach derselben Methode, aber ohne $NH_4Cl$, negativ einaxige hexagonale Tafeln nach $\{111\}$, begrenzt von einem Rhomboëder.

Die natürlichen Pyrophanitkrystalle sind dünntafelige Combinationen von $c\{111\}$ mit $s\{11\bar{1}\}$ und $a\{10\bar{1}\}$.

Spaltbarkeit nach $s\{11\bar{1}\}$ vollkommen, nach $\{411\}$ deutlich. Die Ätzfiguren, durch heiße Salpetersäure hervorgerufen, entsprechen einem Rhomboëder 2. Art (nat. Kryst.).

Brechungsindices der natürlichen Krystalle nach Hamberg: für $Li$: $\omega = 2,441$, für $Na$: $\omega = 2,481$, $\varepsilon = 2,21$ circa; Farbe tief blutrot ohne erkennbaren Pleochroïsmus.

### Ferrometatitanat (Ilmenit) = $TiO_3Fe$.

Rhomboëdrisch. $\alpha = 85^\circ 8'$ ($a : c = 1 : 1,385$ Kokscharow) (nat. Kryst.).

Ilmenitpulver, mit Borax in der inneren Lötrohrflamme geschmolzen, bildet nach G. Rose[44]) mikroskopische, hexagonale Täfelchen, meist Durchkreuzungszwillinge, einem sechsstrahligen Sterne gleichend, wahrscheinlich nach $c\{111\}$ oder nach $m\{\bar{2}11\}$ oder $a\{10\bar{1}\}$, wie beim Eisenoxyd. Bourgeois[38]) erhielt durch Schmelzen von $TiO_2$ mit $FeCl_2$ kleine, unvollkommene schwarze Krystalle, oktaëderähnliche Combinationen von $c\{111\}$ mit einem Rhomboëder, welche wohl mit dem Ilmenit identisch sind.

40) Fouqué und Michel-Lévy, Synthèse des minéraux et d. roches. Paris 1882, 176.

41) Hautefeuille, Compt. rend. 1864, **59**, 732.

42) Bourgeois, Compt. rend. 1886, **103**, 141. Bull. soc. chim. **46**, 262. Bull. soc. fr. min. **9**, 244. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 280.

43) Holmquist, Bull. geol. Inst. Upsala 1896, **3**, 36. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 306.

44) G. Rose, Monatsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. 1867, Berlin 1868, 460.

Die natürlichen Krystalle, welche meist $Fe_2O_3$ enthalten und deren spec. Gewicht daher sehr schwankend ist, zeigen als häufigste Formen: $\{111\}$, $\{100\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{110\}$, $\{31\bar{1}\}$, $\{201\}$ (die beiden letzten als Rhomboëder 3. Art).

Spaltbarkeit scheinbar nach $c\{111\}$ und $r\{100\}$ infolge von schaliger Zusammensetzung bezw. lamellarer Zwillingsbildung.

Undurchsichtig, schwarz mit Metallglanz.

### Manganocalciummetasilicat-Hemihydrat = $SiO_3(Mn, Ca).\frac{1}{2}H_2O$
(nat. Inesit, Rhodotilit).

Spec. Gew. 2,465 (nat. Kryst.).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}9753 : 1 : 1{,}3208 \text{ Scheibe (nat. Kryst.).}$$
$$\alpha = 92^\circ 18', \quad \beta = 132^\circ 56', \quad \gamma = 93^\circ 51'.$$

Die natürlichen Krystalle zeigen die Formen: $\{100\}$, $\{010\}$, $\{001\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{0\bar{1}1\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{101\}$ u. a.

Spaltbarkeit nach $\{010\}$ vollkommen, nach $\{100\}$ ziemlich vollkommen, nach $\{1\bar{1}0\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; durch $\{010\}$ beide Axenbilder sichtbar mit $2H$ (in stark brechendem Glase) $= 63\frac{1}{2}^\circ$ ($Na$), $\varrho > v$.

### Baryummetasilicat-Hexahydrat = $SiO_3Ba.6H_2O$.

Spec. Gew. 2,585—2,604 Wahl[11]).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}8555 : 1 : 0{,}5630 \text{ Beckenkamp}^{45}).$$

Die in Glasflaschen mit Baryumhydroxyd bei längerem Stehen an den Wänden sich bildenden Krystalle wurden zuerst von Pisani[46]) untersucht, welcher die nach der $c$-Axe prismatische Combination: $n\{210\}$, $q\{021\}$ mit

Fig. 568.

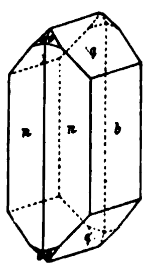



Fig. 569.

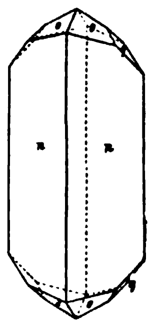
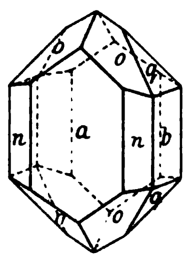



Fig. 570.




untergeordnetem $o\{111\}$ und $b\{010\}$ beobachtete. Ebenso entstandene, von Mallard gemessene Krystalle mit $a\{100\}$ und danach tafelartig, beschrieb Le Châtelier[47]), welcher die Substanz auch durch Suspendieren von amorpher

45) Beckenkamp, Zeitschr. f. Krystall. 1905, **40**, 283.

46) Pisani, Compt. rend. 1876, **83**, 1056. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **1**, 95.

47) Le Châtelier (Mess. von Mallard), Compt. rend. 1881, **92**, 931, 972. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 277.

Kieselsäure in verdünnter Baryumhydratlösung darstellte. Diesen Versuch wiederholte Wahl[11]) und erhielt teils sehr kleine Nädelchen von spec. Gew. 2,586, teils größere fächerförmige Aggregate, an denen die Formen $n\{210\}$ und $b\{010\}$ durch Messungen identificiert werden konnten; Derselbe untersuchte ferner die in zwei Baryumhydratflaschen entstandenen Krystalle und beobachtete an diesen die Combinationen Fig. 568: $n\{210\}$, $b\{010\}$, $q\{021\}$, $o\{111\}$, Fig. 569: $n\{210\}$, $o\{111\}$, $q\{021\}$. La Valle[10]) hatte an den von Cossa untersuchten Krystallen die Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$ und $t\{023\}$ beobachtet. Beckenkamp[45]) fand an Krystallen, welche ebenfalls in einer Reagensflasche entstanden waren, $t\{023\}$ nicht und $m\{110\}$ sehr klein und nur in der Zone $om$ meßbar, außerdem noch das früher nicht beobachtete $c\{001\}$; die Krystalle zeigten gewöhnlich die in Fig. 570 dargestellte Form. An mikroskopischen Krystallen, welche van Bemmelen durch Schütteln von gelatinöser Kieselsäure mit einem Überschusse von Barytwasser erhalten hatte, stellte Jaeger[48]) einige Messungen an, welche jedoch mit den übrigen nicht verglichen werden können, wahrscheinlich also Formen betreffen, welche an den makroskopischen Krystallen nicht auftreten.

| | | Beobachtet: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Berechnet: | Beckenkamp: | Pisani: | Mallard: | LaValle: | Wahl: |
| $a:n=(100):(210)=$ | — | *23° 9⅓′ | 23° 7½′ | 23° 6½′ | 22°30′ | 23°11′ |
| $b:q=(010):(021)=$ | — | *41 36¾ | 41 28 | 41 32 | — | 41 38 |
| $c:o=(001):(111)=$ | 40°53⅓′ | 40 42 | — | — | — | 41 3 |
| $b:o=(010):(111)=$ | 64 49 | 64 48½ | 64 42½ | 64 48 | — | — |
| $a:o=(100):(111)=$ | 60 10 | 60 37½ | 60 47 | 60 11½ | — | — |
| $m:n=(110):(210)=$ | 17 13½ | — | — | — | 17 11 | — |
| $n:o=(210):(111)=$ | 51 20½ | 51 21 | — | — | — | 51 59ca. |
| $q:o=(021):(111)=$ | 34 53⅔ | 34 43 | 34 35 | 35 5 | — | — |
| $q:n=(021):(210)=$ | 72 54 | 73 0 | — | — | — | 72 53½ |
| $b:t=(010):(023)=$ | 67 57⅓ | — | — | — | 68 27 | — |
| $n:t=(210):(023)=$ | 81 30⅔ | — | — | — | 81 34 | — |
| $m:t=(110):(023)=$ | 75 52⅔ | — | — | — | 76 41 | — |
| $m:o=(110):(111)=$ | 49 6⅔ | 49 16 | — | — | — | — |

Doppelbrechung negativ, schwach; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; $2E$ für Rot 58°41′ nach Pisani, 56°30′ nach La Valle, 60°46′ nach Wahl, für Gelb: 59°40′ nach Mallard, für Grün: 66°22′ nach Pisani, 65°54′ nach Wahl, für Blau: 72°10′ nach La Valle. Nach Wahl sind die Brechungsindices: $\alpha = 1{,}542$ circa, $\beta$ und $\gamma = 1{,}548$ circa, $2V = 39°40'(Na)$.

## Orthosilicate, -titanate usw. zweiwertiger Metalle nebst zugehörigen Halogenverbindungen und Hydraten.

In krystallisiertem Zustande ist nur ein einziges saures Salz bekannt, **Monocupriorthosilicat** $= SiO_4CuH_2$, das Mineral Dioptas, welches nach Tschermak[1]) bei der Zersetzung durch Salzsäure Orthokieselsäure $SiO_4H_4$

48) Jaeger, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1903, **36**, 400. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 687.

1) Tschermak, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1905, **114** (I), 462. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **44**, 110.

liefert; dasselbe krystallisiert trigonal und bildet ein bekanntes Beispiel der rhomboëdrischen Symmetrie.

Die normalen Orthosilicate der zweiwertigen Metalle krystallisieren meist besonders leicht aus dem Schmelzflusse, auch wenn dessen Zusammensetzung nicht dem Atomverhältnisse $Si : M = 1 : 2$ entspricht; bei höherem Kieselsäuregehalte der Schmelze entsteht neben dem Orthosilicate das entsprechende metakieselsaure Salz. **Berylliumorthosilicat** = $SiO_4Be_2$, als Mineral Phenakit, krystallisiert trigonal und zwar, wie der Dioptas, rhomboëdrisch. Das **Magnesiumorthosilicat** = $SiO_4Mg_2$ bildet das Anfangsglied einer isomorphen Reihe rhombisch krystallisierter Körper, welche besonders durch ihr Auftreten in der Natur von Wichtigkeit sind; selten erscheint es nahezu oder ganz eisenfrei (Forsterit), sehr häufig dagegen in isomorpher Mischung mit $SiO_4Fe_2$ als Olivin oder Peridot. **Calciumorthosilicat** = $SiO_4Ca_2$ ist nach den Untersuchungen von Day und Shepherd[2]) außer $SiO_3Ca$ die einzige Verbindung von $SiO_2$ und $CaO$, welche sich aus geschmolzenen Mischungen beider Körper bildet, und das Meta- und das Orthosilicat sind die einzigen Calciumsilicate, welche bei ihren Erstarrungspunkten im Gleichgewichte mit der betreffenden Schmelze stehen; der Erstarrungspunkt des Orthosilicates liegt bei 2080°. Die hierbei entstehende $\alpha$-Modification desselben bildet monokline oder trikline, aus zahlreichen Zwillingslamellen zusammengesetzte Prismen mit einer longitudinalen Spaltbarkeit, 18° Auslöschungsschiefe, den Brechungsindices: $\alpha = 1{,}714$, $\beta = 1{,}720$, $\gamma = 1{,}737$, positiver Doppelbrechung und einem Winkel der Axen $2V = 81°$, deren Ebene nahe parallel der Längsrichtung der Prismen ist; spec. Gew. 3,27. Unter 1410° wandelt sich die $\alpha$-Modification in eine zweite ($\beta$) um, deren Dichte kaum verschieden ist (circa 3,28) und welche aus rhombisch prismatischen Krystalliten besteht, deren Axenebene parallel der Längsrichtung liegt, welche Schwingungsrichtung kleinster Lichtgeschwindigkeit ist; $\alpha = 1{,}722$, $\gamma = 1{,}733$, großer Axenwinkel (diese Eigenschaften lassen es möglich erscheinen, daß die $\alpha$- und $\beta$-Modificationen zu einander im Verhältnisse der Polysymmetrie stehen). Bei 675° wandelt sich die zweite Modification unter bedeutender Volumzunahme in die bei gewöhnlicher Temperatur stabile $\gamma$-Modification um, deren spec. Gew. 2,974, wobei sie zu Pulver zerfällt; dieses besteht aus wahrscheinlich monoklinen Prismen, welche zuweilen Andeutungen von Zwillingslamellen mit ca. 3° Auslöschungsschiefe zeigen und nach einer longitudinalen Fläche gut spalten; Doppelbrechung negativ, Axenebene senkrecht zur Längsrichtung; $\alpha = 1{,}640$, $\beta = 1{,}645$, $\gamma = 1{,}654$, $2E = 52°$. Nach Le Châtelier[3]) bildet $SiO_4Ca_2$ auch einen Bestandteil des Portlandcementes in Form schwach doppeltbrechender Körner, und Gorgeu[4]) gibt an, durch Schmelzen von $SiO_2$ und $CaCl_2$ in einem feuchten Luft-

2) Day u. Shepherd, Am. Journ. Sc. 1906, (4) **22**, 265.
3) Le Châtelier, Compt. rend. 1882, **94**, 867. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 407.
4) Gorgeu, Compt. rend. 1884, **99**, 256. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 194.

strome das Orthosilicat in doppeltbrechenden Körnern erhalten zu haben; welcher der drei Modificationen diese angehören, ist hiernach nicht zu bestimmen. Das Calciumorthosilicat wird leicht durch Wasser, welches ihm $CaO$ entzieht, zersetzt, und hierauf beruht es jedenfalls, daß es sich nicht in der Natur findet[5]). Dagegen existiert ein gut krystallisiertes Mineral, welches, wie Diopsid in der Reihe der Metasilicate (s. S. 230), eine intermediäre Verbindung zwischen dem Calcium- und dem Magnesiumsalze darstellt, das **Magnesiumcalciumorthosilicat** (Monticellit) $= SiO_4MgCa$; dasselbe krystallisiert rhombisch und zeigt eine ziemlich nahe Übereinstimmung mit dem Forsterit, so daß es gewöhnlich als isomorph mit ihm betrachtet wird. **Manganoorthosilicat** (Tephroit) $= SiO_4Mn_2$ ist unzweifelhaft mit $SiO_4Mg_2$ isomorph und bildet, wie dieses, mit dem Calciumsalze die intermediäre Verbindung **Manganocalciumorthosilicat** (Glaukochroit) $= SiO_4MnCa$ mit fast genau denselben Winkeln, wie sie der Monticellit zeigt. Ebenso ähnlich sind einander auch die Elemente von $SiO_4Mn_2$ und $SiO_4Mg_2$, während die Differenzen zwischen diesen und den intermediären Verbindungen erheblich größer sind. Dagegen steht in seiner Krystallform den beiden ersteren wieder sehr nahe das **Ferroorthosilicat** (Fayalit) $= SiO_4Fe_2$, das in allen Verhältnissen mit dem Magnesiumsalze isomorphe Mischungen bildet, von welchen die $Mg$-reicheren in dem verbreiteten Minerale Olivin vorliegen, während der Hortonolith aus einer isomorphen Mischung von Eisen-, Magnesium- und Manganorthosilicat besteht. Auch das Ferroorthosilicat bildet eine dem Monticellit analoge und damit vollkommen isomorphe intermediäre Verbindung **Ferrocalciumorthosilicat** $= SiO_4FeCa$, welche in isomorpher Mischung mit $SiO_4MgCa$ und $SiO_4MnCa$ in krystallisierten Schlacken auftritt. Krystalle mit höherem Calciumgehalte. d. h. Mischungen von vorherrschendem $SiO_4Ca_2$ mit $SiO_4Mg_2$, $SiO_4Mn_2$ und $SiO_4Fe_2$ sind nicht beobachtet worden; während die letzteren Salze fähig sind, sich in allen Verhältnissen zu stabilen Mischkrystallen zu vereinigen, scheint die Calciumverbindung nur zur Bildung einer stabilen intermediären Verbindung im Verhältnisse 1:1 fähig zu sein. Die vorstehenden Orthosilicate zerfallen also in zwei Gruppen; wie die im folgenden zusammengestellten krystallographischen Elemente zeigen, besteht innerhalb einer jeden derselben eine weit größere Übereinstimmung der Winkel, als zwischen den beiden Gruppen:

| | a : b : c | | a : b : c |
|---|---|---|---|
| $SiO_4Mg_2$: | 0,4666 : 1 : 0,5868 | $SiO_4MgCa$: | 0,4337 : 1 : 0,5757 |
| $SiO_4Mn_2$: | 0,4621 : 1 : 0,5914 | $SiO_4MnCa$: | 0,440 : 1 : 0,566 |
| $SiO_4Fe_2$: | 0,4584 : 1 : 0,5791 | $SiO_4FeCa$: | 0,4385 : 1 : 0,5769 |

Die morphotropische Rolle der einzelnen Elemente in diesen Körpern zu bestimmen, würde eine genauere krystallographische Charakteristik einiger

5) Nach Vogt (Silicatschmelzlösungen, Christiania 1903, 1, 94) erstarren Hohofenschlacken, welche annähernd die Zusammensetzung $SiO_4Ca_2$ besitzen, zu einer krystallinischen Masse, die aber nach kurzer Zeit zu einem lockeren Pulver zerfällt, was vermutlich ebenfalls mit der geringen Beständigkeit jener Verbindung zusammenhängt.

derselben, vor allem aber eine genauere Bestimmung der specifischen Gewichte der reinen Verbindungen erfordern. Den Orthosilicaten von *Mg*, *Mn* und *Fe* schließen sich ferner an **Nickel-** und **Kobaltorthosilicat** = $SiO_4Ni_2$ und $SiO_4Co_2$, welche Bourgeois[6]) durch Erhitzen eines Gemenges von Nickel- bzw. Kobaltoxyd mit dem betreffenden Chloride und einem großen Überschusse von Kieselsäure in mikroskopischen gelbgrünen (spec. Gew. 4,85) bzw. tief violetten (spec. Gew. 4,63) Krystallen von der Form des Olivins erhielt. Eine mit $SiO_4Mg_2$ isomorphe rhombische Modification muß auch angenommen werden für das Zinkorthosilicat $SiO_4Zn_2$, denn dieses ist in dem ca. 11% $ZnO$ enthaltenden Minerale Roepperit, welches die Krystallform des Olivins besitzt, in isomorpher Mischung vorhanden, und noch etwas reicher an Zink sind nach Vogt[7]) manche Fayalitschlacken, deren Form ebenfalls mit der des Olivins übereinstimmt. Das reine Zinksalz ist jedoch bisher nur in trigonaler Form beobachtet worden. Endlich wurde von Heberdey[8]) auch ein rhombisch krystallisiertes **Bleizinkorthosilicat** = $SiO_4PbZn$ (ein kleiner Teil des *Zn* vertreten durch *Mg* und *Fe*) in einer Röstschlacke vom Verhütten zinkhaltiger Bleierze untersucht, dessen Krystalle die Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$ mit $a:b = 0{,}4296:1$ zeigten.

Eine isolierte Stellung nimmt das Mineral Trimerit ein, ein **Beryllium-Manganoorthosilicat** = $SiO_4MnBe$, welches aber außer $MnO$ auch $CaO$, $FeO$ und $MgO$ enthält und zwar $MnO + FeO + MgO : CaO$ genau im Verhältnisse 2 : 1; da nun in den Orthosilicaten (s. vor. S.) das Calcium stets in bestimmtem Atomverhältnisse gegenüber *Mg*, *Fe* und *Mn* vorhanden ist, so ergibt sich als Formel dieses Minerals: $(SiO_4)_3(Mn, Fe, Mg)_2CaBe_3$. Der Trimerit bildet scheinbar hexagonale Krystalle, welche aber aus triklinen in Drillingsverwachsungen zusammengesetzt sind. Dieselben zweiwertigen Metalle, wie der Trimerit, enthalten auch die beiden hexakistetraëdrisch krystallisierenden Mineralien Helvin und Danalith, in deren Constitution aber außerdem Schwefel, wahrscheinlich in einer zweiwertigen Gruppe $-R-S-R-$, analog der Atomgruppe $-R-O-R-$ gewisser basischer Salze, eingeht.

Wie erwähnt, krystallisiert das **Zinkorthosilicat** (Willemit, Troostit) = $SiO_4Zn_2$ trigonal, und zwar zeigt seine Form eine sehr nahe Übereinstimmung mit der des Berylliumsalzes (Phenakit), daher beide Körper, von denen keine Mischkrystalle bekannt sind, gewöhnlich als isomorph betrachtet werden. Wenn das $MnO$ im Troostit und die kleinen Mengen $FeO$, welche stets in den Willemitkrystallen enthalten sind, auf einer isomorphen Vertretung des *Zn* durch *Mn* und *Fe* beruhen, so müßte auch den Orthosilicaten des Mangans und Eisens außer der rhombischen Form noch eine trigonale zukommen.

6) Bourgeois, Compt. rend. 1889, **108**, 1177. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 521.

7) Vogt, Bihang t. K. Sv. Akad. Handl. Stockholm 1884, **9**, No. 1, 73. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 323.

8) Heberdey, Zeitschr. f. Krystall. 1893, **21**, 61.

Die den vorstehenden Silicaten entsprechenden titansauren Salze wurden z. T. von Hautefeuille[9]) dargestellt: **Magnesiumorthotitanat** $= TiO_4Mg_2$ in regulären Oktaëdern vom spec. Gew. 3,52 durch Zusammenschmelzen von $TiO_2$, $MgO$ und $MgCl_2$; **Ferroorthotitanat** $= TiO_4Fe_2$ in rhombischen Prismen {110} von 52½° mit {100} und {010}, spec. Gew. 4,37, durch Schmelzen von $TiO_2$ und $FeCl_2$ in einem Überschusse von $NaCl$.

Eine sehr leicht durch Wasser (selbst durch feuchte Luft und wässerigen Alkohol) zersetzbare Verbindung ist das **Calciumorthosilicat-Calciumchlorid** $= SiO_4Ca_2 . CaCl_2$, welches rhombisch krystallisiert. Von Gorgeu[10]) wurde auch eine entsprechende Manganverbindung, $SiO_4Mn_2 . MnCl_2$, aber nicht in meßbaren Krystallen, erhalten; dieselben sind tafelförmig und lassen, ebenso die der analogen Bromverbindung, keine Doppelbrechung erkennen. Ebenfalls chlorhaltig ist das trigonal krystallisierende Mineral Friedelit, dessen complicierte Formel: $Si_{10}O_{40}Cl_2Mn_{13}H_{16}$ die eines sauren Orthosilicates ist, in welchem $1\,O$ durch $2\,Cl$ vertreten wird, und der jedenfalls damit isomorphe Pyrosmalith, welcher sich chemisch nur dadurch unterscheidet, daß ungefähr die Hälfte des Mangans durch Eisen ersetzt ist.

### Monocupriorthosilicat (Dioptas) $= SiO_4CuH_2$.

Spec. Gew. 3,047 Tschermak[1]) (nat. Kryst.).

Rhomboëdrisch. $\alpha = 111°42'$ ($a : c = 1 : 0,5342$ Breithaupt) (nat. Kryst.).

Becquerel[11]) erhielt durch Diffusion der Lösungen von Kupfernitrat und Kaliumsilicat das Salz in Prismen mit rhomboëdrischer Endigung.

Die natürlichen Krystalle zeigen gewöhnlich $\{10\bar{1}\}$, $\{11\bar{1}\}$ und $\{7\bar{7}6\}$ als Rhomboëder 3. Art.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen.

Brechungsindices nach Miller: $\omega = 1,667$, $\varepsilon = 1,723$, nach Ites für $Na$: $\omega = 1,6580$, $\varepsilon = 1,7079$.

### Berylliumorthosilicat (Phenakit) $= SiO_4Be_2$.

Spec. Gew. 2,97—3,00 (nat. Kryst.).

Rhomboëdrisch. $\alpha = 108°1'$ ($a : c = 1 : 0,6611$ Kokscharow) (nat. Kryst.).

Die von Ebelmen durch Schmelzen von $SiO_2$ und $BeO$ mit Borax dargestellten Krystalle sind nach Mallard[12]) hexagonale Prismen. Hautefeuille und Perrey[13]) erhitzten ein Gemenge von $SiO_2$ und $BeO$ mit $VO_4Li_3$ und $CO_3Li_2$ oder $MoO_4Li_2$ längere Zeit auf 600°—700° und erhielten Rhomboëder $r\{100\}$ mit kleinen Flächen von $d\{110\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $m\{\bar{2}11\}$, zuweilen $x\{20\bar{1}\}$;

9) Hautefeuille, Ann. chim. phys. 1865, (4) **4**, 129.

10) Gorgeu, Bull. soc. fr. min. 1883, **6**, 281. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 645. Compt. rend. 1884, **98**, 107. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 188. Ann. chim. phys. 1885, (6) **4**, 533.

11) Becquerel, Compt. rend. 1868, **67**, 1081. Nouv. Arch. d. mus. d'hist. nat. 1870, **6**, 11. Mém. d. l'ac. d. sc. 1870, **36**, 670.

12) Mallard, Compt. rend. 1887, **105**, 1260. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 605.

13) Hautefeuille u. Perrey, Compt. rend. 1888, **106**, 1800. Ann. chim. phys. 1890, (6) **20**, 447. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 327; **21**, 306.

die bei ca. 1000° sich bildenden Krystalle zeigten dagegen die Combination $m\{\bar{2}11\}$, $r\{100\}$.

$r:r = (100):(010) = 63°24'$ ber. $63°25'$ beob. Hautefeuille.

Die natürlichen Krystalle zeigen als häufigste Formen: $r\{100\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $d\{110\}$, $m\{\bar{2}11\}$ und verschiedene Rhomboëder 3. Art.

Spaltbarkeit nach $r\{100\}$ und $a\{10\bar{1}\}$ unvollkommen.

Brechungsindices natürlicher Krystalle bei 0° nach Offret:

| | *Li*-Linie: | *D*-Linie: | grüne *Cd*-Linie: | blaue *Cd*-Linie: |
|---|---|---|---|---|
| $\omega =$ | 1,6509 | 1,6542 | 1,6570 | 1,6610 |
| $\varepsilon =$ | 1,6666 | 1,6700 | 1,6729 | 1,6770 |

Beide Brechungsindices nehmen bei einer Temperaturerhöhung von 100° um 0,0011 zu.

### Magnesiumorthosilicat (Forsterit) = $SiO_4Mg_2$.

Spec. Gew. 3,24—3,27 Ebelmen[14]), 3,223—3,245 Thaddéeff (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,4666:1:0,5868$ Arzruni (nat. Kryst.).

Ebelmen[14]) erhielt durch Schmelzen von $4\frac{1}{2}$ g $SiO_2$, 6 g $MgO$ mit 6 g $B_2O_3$ gut ausgebildete Krystalle der Combination: $b\{010\}$, $k\{021\}$, $m\{110\}$; 18 g $SiO_2$, $12\frac{1}{2}$ g $MgO$ und 40 g $CO_3K_2$ geschmolzen und dann längere Zeit stark erhitzt, lieferten ein Glas, aus welchem nach $b\{010\}$ tafelförmige Krystalle von $SiO_4Mg_2$ mit den Randflächen $k\{021\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $c\{001\}$ und $d\{101\}$ isoliert werden konnten. Von den übrigen Darstellungen liegen Angaben über die Krystallform vor nur von Fouqué und Michel-Lévy[15]) über die von Lechartier durch Schmelzen von $SiO_2$ und $MgO$ mit $CaCl_2$ erhaltenen Krystalle, dünne Täfelchen nach $b\{010\}$ mit einem Umrisse, welcher den Formen $\{100\}$, $\{001\}$ und $\{101\}$ entspricht, endlich von Allen, Wright und Clement[16]), welche durch Schmelzen von $SiO_3Mg$ in $MgCl_2$ kleine Krystalle der Combination $m\{110\}$, $c\{001\}$, $k\{021\}$, $o\{111\}$, $d\{101\}$ erhielten.

Die natürlichen Krystalle zeigen die Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $k\{021\}$, $o\{111\}$, ferner untergeordnet und nicht immer vorhanden: $n\{120\}$, $l\{130\}$, $d\{101\}$, $f\{121\}$, $c\{001\}$ und $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Ebelmen: | Wright: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 50° 2' | 49°44'—50° 0' | 51° 8' |
| $n:b = (120):(010) =$ | 46 58 | 47° 5' | — |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1) =$ | 99 8 | 98°20'—98°40' | 99 28 |
| $d:d = (101):(\bar{1}01) =$ | 103 1 | 103°45' | 103 14 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ deutlich.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; Axenwinkel nach Arzruni (nat. Kryst.): $2V = 85°38'$ *Li*, $85°44\frac{1}{2}$ *Na*, $85°56'$ *Tl*.

### Magnesiumcalciumorthosilicat (Monticellit) = $SiO_4MgCa$.

Spec. Gew. 3,11—3,27 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,4337:1:0,5757$ vom Rath (nat. Kryst.).

14) Ebelmen, Ann. chim. phys. 1851, (3) **33**, 56 f. E., Chimie etc. Paris 1861, **1**, 181, 202.
15) Fouqué u. Michel-Lévy, Synthèse d. minéraux etc. Paris 1882, 98.
16) Allen, Wright u. Clement, Amer. Journ. Sc. 1906, (4) **22**, 390.

Meßbare Krystalle sind noch nicht dargestellt worden. Die natürlichen Krystalle, welche gewöhnlich kleine Mengen *Fe* für *Mg* enthalten, zeigen die Formen: {111}, {110}, {121}, {120}, {010}, {012}, {011}, {101}.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, $a$ 1. Mittellinie; Axenwinkel $2V = 75^{\circ}42'$ *Li*, $75^{\circ}2'$ *Na*, $72^{\circ}56'$ *Tl*; Brechungsindices für *Na*: $\alpha = 1,6505$, $\beta = 1,6616$, $\gamma = 1,6679$, für *Li*: $\beta = 1,6594$, für *Tl*: $\beta = 1,6653$ (Penfield und Forbes, nat. Kryst.).

### Manganoorthosilicat (Tephroït) = $SiO_4Mn_2$.

Spec. Gew. 4,08 Gorgeu[17]).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,4621:1:0,5914$$ Flink (nat. Kryst.).

Bourgeois[18]) erhielt aus dem Schmelzflusse Krystalle von der Form des Magnesiumsalzes, Gorgeu[17]) ebensolche durch längeres Erhitzen eines Gemenges von $MnCl_2$ und $SiO_2$ in feuchtem Kohlensäure- oder Wasserstoffstrome.

Die natürlichen Krystalle zeigen vorherrschend {120}, {130} und {111}.

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$, $a\{100\}$ und $c\{001\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$; Axe $b$ 1. Mittellinie.

### Manganocalciumorthosilicat (Glaukochroït) = $SiO_4MnCa$.

Spec. Gew. 3,407 (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,440:1:0,566$$ Penfield und Warren (nat. Kryst.).

Nach Vogt[19]) findet sich diese Verbindung, wenn auch nicht ganz rein (mit kleinen Mengen *Fe* oder *Mg* für *Mn*), in Schlacken; sie bildet nach der *a*-Axe prismatische Krystalle der Combination: $k\{021\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$.

Die natürlichen Krystalle zeigen nur $m\{110\}$ und $n\{120\}$ und bilden Zwillinge nach $q\{011\}$, aus deren Messung sich approximativ der Wert der $c$-Axe ergibt.

| | Berechnet: | Beobachtet (Vogt): |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 47^{\circ}32'$ | $50^{\circ}$ circa |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | $= 59\quad 0$ | — |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1)$ | $= 97\quad 6$ | $97^{\circ}50'—98^{\circ}18'$ |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $b$; für *Na*: $2E = 121^{\circ}30'$, $\alpha = 1,686$, $\beta = 1,722$, $\gamma = 1,735$, $2V = 60^{\circ}51'$ Penfield und Warren (nat. Kryst.).

### Ferroorthosilicat (Fayalit) = $SiO_4Fe$.

Spec. Gew. 4,34 Gorgeu[20]), 4,35 Hidden (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,4584:1:0,5791$$ Penfield (nat. Kryst.).

---

17) Gorgeu, Compt. rend. 1883, **97**, 320. Ann. chim. phys. 1885, (6) **4**, 528. Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 263. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 645 bzw. **15**, 645.

18) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1883, **6**, 64. Ann. chim. phys. (5) **29**, 463. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 626.

19) Vogt, Mineralbildung in Schmelzmassen (Arch. f. Math. Naturv. **18**), Christiania 1892, 13. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 168. S. auch Vogt, Die Silicatschmelzlösungen, Christiania 1903, 91.

Krystalle von der Form des Olivins erhielt Gorgeu[20]) durch Erhitzen eines Gemenges von $SiO_2$ mit überschüssigem $FeCl_2$ in feuchtem $H$-Strome.

Die Verbindung bildet den Hauptbestandteil vieler Eisenschlacken und tritt in Hohlräumen solcher häufig in schönen, großen Krystallen auf, welche gewöhnlich vorherrschend die Formen *b*{010}, *m*{110}, *k*{021} zeigen, zuweilen nach *b* dünntafelig, meist aber dicktafelig oder nach *m* kurzprismatisch sind. Mitscherlich[21]), welcher zuerst die Isomorphie der Eisenfrischschlackenkrystalle mit dem Olivin feststellte, beobachtete außerdem die Formen *n*{120} und *c*{001}, Dondorff[22]) in Puddelschlacken die Combination *m*{110}, *b*{010}, *k*{021}, *a*{100} mit Andeutungen anderer Flächen, in Zwillingsverwachsungen nach verschiedenen Gesetzen; Bothe[23]) führt außer den gewöhnlichsten Formen *b*, *m*, *k* noch an: *c*{001}, *a*{100}, *r*{101}, *q*{011}, *o*{111}, letzteres nicht meßbar; Vogt[24]) untersuchte Krystalle der Combination: *m*{110}, *n*{120}, *b*{010}, *k*{021}, *r*{101}, *q*{011}, *o*{111}; die flächenreichsten Schlackenkrystalle beschrieb Miller[25]); diese zeigten die Formen *m*{110}, *b*{010}, *a*{100}, *k*{021}, *q*{011}, *c*{001}, *d*{101} und mit schmalen Flächen: *l*{230}, *n*{120}, *s*{130}, *t*{150} und *x*{131}. Einige später von Miller[26]) an Schlackenkrystallen angestellten Messungen sind in folgendem mit M. II bezeichnet.

Die natürlichen Krystalle zeigen vorherrschend *a*{100}, ferner *n*{120}, *b*{010}, *d*{101}, *k*{021} und *o*{111}.

| | Berechnet: | Beobachtet: Mitscherlich: | Bothe: | Vogt: | Miller I: | Miller II: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 49° 15′ | 49° 32′ | 49° 30′ | 49° 25′ | 49° 30′ | 49° 24′ |
| $n:n = (120):(1\bar{2}0) =$ | 94 58 | 94 36 | — | 94 35 ca. | 94 40 | — |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1) =$ | 98 22 | 98 36 | 98 24 | 98 32½ | 98 22 | 98 24 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 60 9 | — | 60 40 | — | 60 40 | — |
| $d:d = (101):(\bar{1}01) =$ | 103 17 | — | 104 45 | 103 17 | 104 40 | — |
| $o:o = (111):(101) =$ | 19 46 | — | — | 19 47½ | — | — |

Spaltbarkeit wird angegeben nach *c*{001} deutlich, an den natürlichen Krystallen nach *b*{010} deutlich und nach *a*{100} unvollkommen.

Doppelbrechung negativ, Axenebene *c*{001}.

### Isomorphe Mischungen von $SiO_4Fe_2$ und $SiO_4Mg_2$.

Mischungen von Magnesiumorthosilicat mit untergeordnetem $SiO_4Fe_2$ sind die hellgrünen Varietäten des Minerals Olivin, welche auch als Chrysolith bezeichnet werden; dieselben bilden oft flächenreiche Combinationen, an denen gewöhnlich folgende Formen auftreten: *a*{100}, *m*{110}, *n*{120}, *b*{010}, *d*{101}, *o*{111}, *f*{121}, *k*{021}, *q*{011}, *c*{001}. Die Messungen derartiger Krystalle führen auf die Elemente:

$$a:b:c = 0{,}4658:1:0{,}5865 \text{ (Kokscharow).}$$

---

20) Gorgeu, Compt. rend. 1884, **98**, 920. Bull. soc. fr. min. 1884 **7**, 61. Ann. chim. phys. 1885, (6) **4**, 540. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 191.

21) Mitscherlich, Abhandl. Akad. d. Wiss. Berlin 1822—1823, 30. M., Ges. Schriften, Berlin 1896, 180.

22) Dondorff, Jahrb. f. Min. usw. 1860, 668.

23) Bothe, Journ. f. prakt. Chemie 1859, **78**, 225.

24) Vogt, Bihang t. K. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1884, **9**, I, 46. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 322.

25) Miller, Trans. Cambridge Philos. Soc. 1830, **3**, 417. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1831, **23**, 229.

26) Percy u. Miller, Report Brit. Assoc. 1846, 366.

Der gewöhnliche Olivin oder Peridot ist meist eisenreicher, und der sogenannte Hyalosiderit enthält das *Mg*- und das *Fe*-Silicat ungefähr im Verhältnisse 2 : 1. Die eisenreichen Olivinkrystalle zeigen meist die einfache Fayalitcombination: *m*{110}, *n*{120}, *b*{010}, *k*{021}, kurzprismatisch und nach *b* dicktafelig, zuweilen mit den untergeordneten Formen: *d*{101} und *o*{111}. Die Dichte des Olivins steigt mit dem Eisengehalte, doch ist es auf Grund der vorhandenen, sehr ungleichwertigen Daten über das specifische Gewicht nicht möglich, eine gesetzmäßige Abhängigkeit desselben vom Eisengehalte zu erkennen. Infolgedessen ist es auch noch nicht möglich, den Einfluß des Eisengehaltes auf die topischen Parameter der Mischkrystalle festzustellen. Daß ein solcher stattfindet, beweist die Differenz der Elemente des Hyalosiderites von denjenigen des Chrysolithes; erstere sind:

$$a : b : c = 0,4682 : 1 : 0,5900 \text{ (Bauer)}.$$

Weit stärker ändern sich die optischen Eigenschaften mit der Zusammensetzung der Mischung, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Chrysolith | mit 9% *FeO* | $\beta = 1,678$ | $2V$ (Halbier. = *b*-Axe) = | 91° 19′ |
| » | » 13 » | 1,692 | » | 89 36 |
| Hortonolith | » 47 » u. 4½% *MnO* | 1,796 | » | 69 24 |

Es wechselt daher der Sinn der Doppelbrechung, d. h. die zweite Mittellinie wird die erste, während die Axenebene *c*{001} bleibt.

Durch Umschmelzen von olivinreichen Meteoriten erhielt Daubrée[27]) Olivinkrystalle mit den gewöhnlichen Formen *b*{010}, *m*{110} *k*{021}, *a*{100}, zuweilen auch nach letzterer tafelförmig; ebenso wurden Olivinkrystalle durch Umschmelzen von Meteoriten, wie auch von Basalt, dargestellt von Fouqué und Michel-Lévy[28]).

Unter den Schlackenkrystallen sind auch mehrfach Krystalle isomorpher Mischungen von $SiO_4Mg_2$ mit $SiO_4Fe_2$ beobachtet worden, so von Jereméjew[29]) tafelförmige Combinationen von *b*{010}, *k*{021} und *m*{110}, deren Winkel bis auf wenige Minuten mit denen der von Kokscharow gemessenen natürlichen Krystalle übereinstimmen; ihr Eisengehalt wurde nicht ermittelt. Von eisenreichen Mischungen liegen keine Messungen vor, und auch von dem manganhaltigen Hortonolith (s. o.) sind nur angenäherte Krystallbestimmungen vorhanden, welche lediglich zum Beweise der Isomorphie mit dem Olivin dienen können.

### Isomorphe Mischungen von $SiO_4Fe_2$ und $SiO_4Mn_2$.

Gorgeu[30]) erhielt durch Schmelzen von $SiO_2$ mit einem Gemenge von $FeCl_2$ und $MnCl_2$ Krystalle von der Form des Olivins.

In den krystallisierten Puddelschlacken von der Form des Fayalit (s. S. 250) ist häufig der kleinere Teil des *FeO* durch *MnO* isomorph vertreten. 9% *MnO* enthalten die von vom Rath[31]) gemessenen Krystalle einer solchen Schlacke, welche *m*{110} vorherrschend, ferner *k*{021}, sowie meist auch *b*{010} zeigten und häufig Durchkreuzungszwillinge nach *q*{011} bildeten. Etwas geringer

27) Daubrée, Compt. rend. 1866, **62**, 200. Géol. expérim., übers. v. Gurlt, 1880, 402.

28) Fouqué u. Michel-Lévy, Compt. rend. 1881, **92**, 367. Bull. soc. fr. min. 1881, **4**, 275.

29) Jereméjew, Verhandl. d. russ. min. Ges. 1879, (2) **15**, Protok. 194. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **4**, 638.

30) Gorgeu, Ann. chim. phys. 1885, (6) **4**, 543. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 191.

31) Kosmann (Mess. v. G. vom Rath), Poggendorffs Ann. d. Phys. 1869, **137**, 136.

(ca. 8%) ist der Gehalt an $MnO$ in einer von Kišpatič[32]) untersuchten alten Eisenschlacke, welche keine deutliche Krystallform zeigte und daher nur optisch untersucht werden konnte. Gut meßbare Krystalle einer Frischschlacke mit den Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $k\{021\}$ mit 17% $MnO$ beschrieb Laspeyres[33]), und noch manganreicher sind die nicht gemessenen Krystalle der Combination: $m\{110\}$, $k\{021\}$ in einer von Kosmann[34]) beschriebenen, bei der Schwefelabscheidung aus Roheisen gebildeten Schlacke.

Unter den in der Natur vorkommenden isomorphen Mischungen von $SiO_4Fe_2$ und $SiO_4Mn_2$ enthält der Roepperit 17% $MnO$, aber noch 11% $ZnO$; seine nur angenähert meßbaren Krystalle zeigen ungefähr die Winkel des Olivins. Eine manganreichere Mischung ist der Knebelit, von welchem nur der Winkel der Ebenen vollkommener Spaltbarkeit, gleich dem von $m\{110\}$ des Olivins, bekannt ist.

| | Berechnet: für $SiO_4Fe_2$: | Beobachtet: vom Rath: | Laspeyres: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 49° 15′ | *48° 50′ | 49° 0′ |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1) =$ | 98 22 | 98 30 | 99 22 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ deutlich, nach $c\{001\}$ weniger deutlich und nach $a\{100\}$ undeutlich. Am Roepperit wird vollkommene Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $b\{010\}$, am Knebelit vollkommene nach $m\{110\}$, deutliche nach $b\{010\}$ und undeutliche nach $a\{100\}$ angegeben.

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; $2V = 41°—45°$, $\beta = 1{,}85—1{,}9$, $\gamma - \alpha = 0{,}05$; Farbe in dünnen Schichten rötlichgelb mit deutlichem Pleochroïsmus (Kišpatič).

### Ferrocalciumorthosilicat = $SiO_4FeCa$.

Spec. Gew. 3,58 ca. Schwager[35]).

$a:b:c = 0{,}4385:1:0{,}5769$ Corstorphine[35]).

An den Erstarrungsproducten von Schmelzen obiger Zusammensetzung wurde zwar schon früher krystallinische Beschaffenheit erkannt, ausgebildete Krystalle dieser Verbindung (mit einem Gehalte von 0,4% $MgO$ für $FeO$) beobachtete jedoch erst Vogt[19]) (l. c. 11 bzw. 90) in einer Hohofenschlacke; dieselben zeigten die Combination: $k\{021\}$, $m\{110\}$ und waren nach ersterem prismatisch. Abgesehen von mechanischen Beimengungen genau nach der Formel $SiO_4FeCa$ zusammengesetzt erwiesen sich die hell graulichgrünen Krystalle einer Schlacke vom Verschmelzen von Bleierzen, welche nach Corstorphine[35]) dünne Prismen $k\{021\}$ mit schmalem $b\{010\}$ und mit $m\{110\}$ als Endflächen bildeten. Ebenso wie diese als Eisen-Monticellit, so sind die früher von Dana[36]) gemessenen Hohofenschlackenkrystalle der gleichen Combination: $k\{021\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$ aufzufassen als einem Eisenmangan-Monticellit angehörig, da in ihnen fast die Hälfte des $FeO$ durch $MnO$ vertreten ist.

| | Berechnet: | Beobachtet: Corstorphine: | Vogt: | Dana: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *47° 21′ | 47° 10½′ | 47° 20′ |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1) =$ | — | *98 10 | 98 18½ | 98 48 |
| $k:m = (021):(110) =$ | 72° 20′ | 72 15 | — | — |

32) Kišpatič, Schriften der südslav. Akad. Agram 1906, 1.
33) Laspeyres, Zeitschr. f. Krystall. 1883, 7, 494.
34) Kosmann, Stahl und Eisen 1891, Nr. 11.
35) Corstorphine (Anal. v. Schwager), Zeitschr. f. Krystall. 1894, 22, 269.
36) Jackson u. J. Dana, Amer. Journ. Sc. 1855, (2) 19, 358.

**Berylliumcalciummanganoorthosilicat** (Trimerit) = $(SiO_4)_3(Mn, Fe, Mg)_2CaBe_3$.

Spec. Gew. 3,474 Brögger (nat. Kryst.).
Triklin (pseudohexagonal-pyramidal).

$$a:b:c = 0{,}5774:1:0{,}5425, \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

(hexagonal: $a:c = 1:0{,}9424$ Flink, nat. Kryst.).

Die Krystalle dieses Minerals zeigen die hexagonalen Formen: $c\{0001\}$, $m\{10\bar{1}0\}$, $p\{10\bar{1}1\}$, $n\{11\bar{2}0\}$, $o\{21\bar{3}2\}$, $s\{10\bar{1}2\}$; nach den optischen Eigenschaften sind dieselben aufzufassen als trikline Combinationen von $c\{001\}$, $m\{110\}$, $m'\{1\bar{1}0\}$, $p\{111\}$, $'p\{1\bar{1}1\}$, $p,\{11\bar{1}\}$, $,p\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $n\{100\}$, $o\{312\}$, $o,\{31\bar{2}\}$ usw. Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ, Axenebene, nahe senkrecht zu $c\{100\}$, bildet mit $m\{110\}$ ca. 20°; 1. Mittellinie fast senkrecht zu $c\{001\}$; Brechungsindices:

| | | | |
|---|---|---|---|
| für *Li*: | $\alpha = 1{,}7119$ | $\beta = 1{,}7173$ | $\gamma = 1{,}7220$ |
| » *Na*: | 1,7148 | 1,7202 | 1,7253 |
| » *Tl*: | 1,7196 | 1,7254 | 1,7290 |

Dispersion der optischen Axen so gering, daß aus $2H_a$ und $2H_o$ der wahre Axenwinkel sich für alle Farben gleich groß, $2V = 83^\circ 29'$, ergab (Brögger).

**Zinkorthosilicat** (Willemit, Troostit) = $SiO_4Zn_2$.

Spec. Gew. 4,1 (nat. Kryst.).
Rhomboëdrisch.

$\alpha = 107^\circ 46'$ ($a:c = 1:0{,}6697$ Des Cloizeaux) (nat. Kryst.).

Deville[37]) erhielt hexagonale Prismen bei der Einwirkung von $SiF_4$ auf $ZnO$ bei hoher Temperatur, Gorgeu[38]) hexagonale Prismen mit einem Rhomboëder durch Schmelzen von $SiO_2$ in einem Überschusse von $SO_4Na_2$ und $SO_4Zn$.

In Zinkmuffeln entstandene Krystalle, $\{10\bar{1}\}\{111\}$, beobachteten Schulze und Stelzner[39]); ferner wurden hexagonale Prismen von Zinkorthosilicat mehrfach in Schlacken gefunden.

Die natürlichen Krystalle zeigen ebenfalls meist vorherrschend $\{10\bar{1}\}$, am Ende entweder $\{100\}$ (Troostit) oder $\{10.1.1\}$, ferner $\{110\}$ und mehrere Rhomboëder 3. Art.

Spaltbarkeit nach $\{111\}$ und $\{10\bar{1}\}$ unvollkommen.
Brechungsindices für *Na*: $\omega = 1{,}6931$, $\varepsilon = 1{,}7118$ Gaubert (nat. Kryst.).

**Calciumorthosilicat-Calciumchlorid** = $SiO_4Ca_2 \cdot CaCl_2$.

Spec. Gew. 2,77.
Rhombisch. $a:b:c = 0{,}726:1:0{,}287$ Mallard[40]).

Dargestellt von Le Châtelier[40]) durch Einwirkung von $CaO$ auf $SiO_2$ in geschmolzenem $CaCl_2$; nach Mallard sehr kleine Täfelchen $b\{010\}$ mit den Randflächen $m\{110\}$ und $q\{011\}$.

$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*72^\circ$ beob. $\quad q:q = (011):(0\bar{1}1) = {}^*32^\circ$ beob.

---

37) H. Sainte-Claire Deville, Compt. rend. 1861, **52**, 1304.
38) Gorgeu, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 36. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 608.
39) Schulze u. Stelzner, N. Jahrb. f. Min. usw. 1881, **1**, 120. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **7**, 602.
40) Le Châtelier (Krystallbest. v. Mallard), Compt. rend. 1883, **97**, 1510. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 108.

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen, nach $b\{010\}$ weniger vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$, $2E = 25^\circ$ ca., Dispersion $\varrho > v$.

### Manganochlorohydroorthosilicat = $Si_{10}O_{40}Cl_2Mn_{18}H_{16}$
(nat. Friedelit).

Spec. Gew. 3,07 (nat. Kryst.).

Trigonal. $\alpha = 110^\circ 54'$ ca. ($a : c = 1 : 0{,}562$) Bertrand (nat. Kryst.).

Die natürlichen Krystalle zeigen die Combination: $\{111\}$, $\{\bar{2}11\}$, $\{100\}$.

Spaltbarkeit nach $\{111\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ, stark.

## Sonstige Silicate, Titanate usw. zweiwertiger Metalle.

Als Åkermanit bezeichnet Vogt[1]) die Verbindung $Si_3O_{10}Ca_4$ (mit einer teilweisen Vertretung des $Ca$ bis zu einem Drittel durch $Mg$), welche Åkerman und er in tetragonalen Krystallen ($a : c = 1 : 0{,}45$ ca.) durch Schmelzversuche mit Kieselsäure und magnesiahaltigem Calciumcarbonat erhalten hatten; dieselben Krystalle, deren spec. Gew. 2,92—2,94 und deren Doppelbrechung positiv und sehr schwach ist, finden sich ferner in kalkreichen Hohofenschlacken, enthalten hier aber $Al$ in wechselnden Mengen, und das Gleiche ist der Fall bei dem Minerale Melilith, dessen ebenfalls tetragonale und schwach (teils positiv, teils negativ) doppeltbrechende Krystalle ein von $a : c = 1 : 0{,}451$ bis $1 : 0{,}476$ schwankendes Axenverhältnis zeigen. Diese thonerdehaltigen Mischungen, deren Kieselsäuregehalt mit steigendem Aluminiumgehalte stetig abnimmt, betrachtet Vogt als eine isomorphe Mischungsreihe, deren Endglieder der reine Åkermanit $Si_3O_{10}Ca_4$ und der in sehr ähnlichen tetragonalen Formen krystallisierende Gehlenit $Si_2O_{10}Al_2Ca_3$ (s. Doppelsalze) bilden; letzterer unterscheidet sich dadurch in seiner Zusammensetzung von ersterem, daß die Atomgruppe $SiCa$ vertreten wird durch $Al_2$, eine Vertretung, welche allerdings ohne erhebliche Änderung der Krystallform in verschiedenen natürlichen Silicaten beobachtet werden kann. Andererseits haben Day und Shepherd[2]) bei ihren Schmelzversuchen von reinem $CaO$ mit $SiO_2$ niemals eine Andeutung der Existenz einer zwischen dem Meta- und dem Orthosilicate liegenden Verbindung $Si_3O_{10}Ca_4$ beobachten können, fanden aber, daß das aus einem mehr $SiO_2$ enthaltenden Schmelzflusse auskrystallisierende hexagonale bzw. pseudohexagonale Metasilicat (s. S. 238), nicht unbeträchtliche Mengen $SiO_4Ca_2$ in fester Lösung aufnahm, wobei sich die Brechbarkeit der Krystalle erhöhte, ihre Zweiaxigkeit größer wurde ($2E = 20^\circ$—$30^\circ$) und in den basischen Schnitten Zwillingslamellen unter 60° und 120° einander schneidend sichtbar wurden; feste Lösungen des Calciummetasilicates mit niedrigerem, dem Åker-

1) S. besonders: Vogt, Die Silicatsschmelzlösungen. Vidensk. Selsk. Skr. Christiania 1908, Nr. 8, 49 f.

2) Day u. Shepherd, Amer. Journ. Sc. 1906, (4) 22, 265 f.

manit entsprechenden Kieselsäuregehalte erhielten diese Autoren besonders in Gegenwart von Magnesia. Weitere Einwürfe gegen die Vogtsche Erklärung der Zusammensetzung des Melilithes und der sogenannten Melilithschlacken, sowie Versuche einer anderen Erklärung derselben brachten Bodländer (N. Jahrb. f. Min. usw. 1893, **1**, 15; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**, 153) und Zambonini (Zeitschr. f. Krystall. 1906, **41**, 232).

Dem Salze einer Dikieselsäure $Si_2O_5H_2$ analog zusammengesetzt ist das monoklin krystallisierende **Calciumsilicotitanat** (Titanit, Sphen) $= SiTiO_5Ca$; entsprechende Salze anderer zweiwertiger Metalle sind nicht in bestimmbaren Krystallen erhalten worden.

Ein **Calciumcupritetrasilicat** $= Si_4O_{10}CuCa$ erhielt Fouqué[3]) durch Erhitzen von $SiO_2$, $CuO$ und $CaO$ mit etwas $SO_4K_2$ als Flußmittel in tetragonalen Tafeln {001} mit der negativen Doppelbrechung 0,031 und starkem Pleochroïsmus ($\omega$ tiefblau, $\varepsilon$ blaßrosa); spec. Gew. 3,04. Ebenfalls tetragonal krystallisiert das Mineral Hardystonit, ein **Calciumzinkdisilicat** $Si_2O_7ZnCa_2$, welches außerdem kleine Mengen $Mg$ und $Mn$ in isomorphen Beimischungen enthält; dasselbe bildet Körner vom spec. Gew. 3,396 mit Spaltbarkeit nach {001}, {100} und {110} und mit starker negativer Doppelbrechung.

In der Natur findet sich ein **Bleidisilicat** (Barysilit) $= Si_2O_7Pb_3$ in hexagonalen Krystallen, welche aber keine Bestimmung des Axenverhältnisses gestatten. Ähnlich zusammengesetzt ist ein beim Rösten von Galenit, welcher mit Quarz gemengt wurde, entstandenes Hüttenproduct, dessen Analyse ungefähr auf die Formel $Si_4O_{15}Pb_7$ führte, welches aber neben Blei noch andere Metalle, namentlich Calcium, enthielt; nach Dana und Penfield[4]) zeigen die Krystalle die hexagonale Combination $\{10\bar{1}0\}$, {0001} mit unvollkommenen Flächen von $\{10\bar{1}1\}$ und $\{20\bar{2}5\}$; $a : c = 1 : 1,032$ ca. (andere Krystalle, deren Identität mit den ersteren nicht festgestellt werden konnte, zeigten rhomboëdrische Ausbildung).

Alle folgenden Körper, sämtlich Mineralien, enthalten Wasser bzw. Hydroxyl oder an Stelle des letzteren ein Halogen.

Der rhombisch krystallisierte Bertrandit ist ein **Berylliumdisilicat** $= Si_2O_9Be_4H_2$, welches sich am einfachsten auffassen läßt als ein basisches Salz der Säure $Si_2O_7H_6$, welche im freien Zustande von Ebelmen dargestellt worden ist, nämlich als $Si_2O_7Be_2(Be.OH)_2$. Ein Magnesiumsilicat von der Zusammensetzung $Si_2O_9Mg_3H_4$ findet sich als Serpentin (Antigorit) in dichten oder blätterigen Aggregaten, deren Partikel optisch negativ und wahrscheinlich monoklin sind, und als Chrysotil in optisch positiven, wahrscheinlich rhombischen Fasern; die vom Verf. früher ausgesprochene Vermutung, daß es sich hier um zwei isomere Körper handelt, wurde durch

3) Fouqué, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 36. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 270.

4) E. S. Dana u. Penfield, Amer. Journ. Sc. 1885, (3) **30**, 138. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 310.

eine Untersuchung von Hillebrand[5]) bestätigt, nach welcher bei der Zersetzung durch Säure das erstere Mineral Metakieselsäure oder ein Polymeres derselben, der Chrysotil dagegen eine Säure $Si_4O_{13}H_{10}$ liefert, so daß man für die beiden Körper die Formeln $Si_4O_{12}(Mg.OH)_6H_2$ bzw. $Si_4O_{13}(MgO_2)(Mg.OH)_4H_4$ annehmen könnte. Als basische Orthosilicate, in welchen aber das Hydroxyl z. T. durch Fluor und außerdem ein untergeordneter Teil der Magnesia durch Eisenoxydul ersetzt ist, können die folgenden, in einer sehr merkwürdigen krystallochemischen Beziehung zu einander stehenden Mineralien betrachtet werden:

| | | | $a : b : c$ | $\beta$ |
|---|---|---|---|---|
| Prolektit | $[SiO_4]\,Mg\,[Mg(F, OH)]_2$ | monokl. prism. | $1,0803 : 1 : 3 \times 0,6287$ | 90° 0′ |
| Chondrodit | $[SiO_4]_2Mg_3[Mg(F, OH)]_2$ | monokl. prism. | $1,0863 : 1 : 5 \times 0,6289$ | 90 0 |
| Humit | $[SiO_4]_3Mg_5[Mg(F, OH)]_2$ | rhomb. bipyr. | $1,0802 : 1 : 7 \times 0,6291$ | 90 0 |
| Klinohumit | $[SiO_4]_4Mg_7[Mg(F, OH)]_2$ | monokl. prism. | $1,0803 : 1 : 9 \times 0,6288$ | 90 0 |

Je zwei aufeinander folgende Glieder dieser Gruppe unterscheiden sich durch $SiO_4Mg_2$, d. i. ein Molekül Olivin, und das erste Glied, von welchem allerdings bisher noch keine chemische Untersuchung vorliegt, zeigt insofern auch eine krystallographische Beziehung zum Olivin, als dessen Elemente, wenn man eine ältere Aufstellung derselben, nämlich $b : 2a : 2c$ der S. 250 adoptierten, zu Grunde legt, sehr ähnliche werden, nämlich $1,0733 : 1 : 2 \times 0,6297$. Die Krystallformen sämtlicher Glieder dieser Reihe können also auf Grundformen bezogen werden, deren Axenverhältnisse $a : b$ sich praktisch nicht unterscheiden, während ihre Verhältnisse $c : b$ Multipla eines und desselben Wertes mit 2, 3, 5, 7 und 9 sind, d. h. sich genau so zu einander verhalten, wie die Anzahl der Magnesiumatome in ihrem chemischen Moleküle. Das S. 226 erwähnte Mineral Katapleït enthält in seiner gewöhnlichen Varietät erhebliche Mengen von Calcium, und diese wird von Brögger als eine isomorphe Mischung von Natron-Katapleït mit der entsprechenden Calciumverbindung $Si_3ZrO_{11}CaH_4$ angesehen. Ein unzweifelhaft basisches Silicat ist der Klinoëdrit, ein **Calciumzinkhydrosilicat** $= SiO_5CaZnH_2$, ein ausgezeichnetes Beispiel der nur durch verhältnißmäßig wenige Substanzen repräsentierten domatischen Klasse des rhombischen Krystallsystems. Analoge empirische Formel besitzt der rhombisch pyramidale Calamin (Hemimorphit, Kieselzinkerz), das **Zinkhydrosilicat** $SiO_5Zn_2H_2$, für welches wegen der erst in hoher Temperatur erfolgenden Abspaltung des Wassers vom Verf. die Constitutionsformel eines basischen Metasilicates $SiO_3(Zn.OH)_2$ vorgeschlagen wurde; Tschermak[6]) hat nun zwar gefunden, daß die durch Zersetzung des Minerales mittels Säure gebildete Kieselsäure die Eigenschaften der Orthokieselsäure besitze, konnte aber keine einigermaßen wahrscheinliche Orthosilicatformel für das Mineral aufstellen. Die beiden tetragonal krystallisierenden und wahrscheinlich isomorphen Mineralien

---

5) Silvia Hillebrand, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1906, **115** (I), 698.
6) Tschermak, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1905, **114** (I), 464.

Ganomalith und Nasonit können nach Penfield als Salze der Dikieselsäure $Si_2O_7H_6$ betrachtet werden, und zwar als $(Si_2O_7)_3(Pb.OH)_2Pb_4Ca_4$ bzw. $(Si_2O_7)_3(PbCl)_2Pb_4Ca_4$; das Axenverhältnis ($a : c = 1 : 0{,}707$ Sjögren) ist nur von dem Ganomalith, welcher in der Combination {001}, {110}, {111} auftritt, bekannt, aber beide Substanzen zeigen übereinstimmende Spaltbarkeit nach {001} und {110}, sowie starke positive Doppelbrechung; überdies sind die beiden einander isomorph vertretenden Bestandteile *OH* und *Cl* auch je in dem anderen Minerale in geringer Menge vorhanden.

### Calciumsilicotitanat (Titanit, Sphen) = $SiTiO_5Ca$.

Spec. Gew. 3,45 Hautefeuille[7]).
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}4271 : 1 : 0{,}6576$; $\beta = 94^\circ 37\frac{1}{2}'$ Hessenberg (nat. Kryst.).

Hautefeuille[7]) erhielt durch Schmelzen von $SiO_2$ und $TiO_2$ mit einem Überschusse von $CaCl_2$ dünne Prismen {011} mit den Endflächen {121}, Michel[8]) ebensolche ohne Endflächen neben anderen Producten beim Erhitzen eines Gemenges von Titaneisen, Calciumsulfid und Kieselsäure mit Kohle. Die gleiche Ausbildung dünner Nadeln ‖ {011} zeigten nach Sustschinsky[9]) auch die Krystalle, welche sich in einer von van der Bellen aus $SiO_2$, $TiO_2$ und $CaCO_3$ dargestellten Schmelze bildeten.

Die natürlichen Krystalle zeigen einen sehr mannigfachen Habitus und zahlreiche Formen, unter denen die häufigsten sind: {001}, {$\bar{1}$02}, {$\bar{1}$01}, {110}, {$\bar{1}$23} u. a.

| | Berechnet: | Beobachtet: Hautefeuille: | Michel: | Sustschinsky: |
|---|---|---|---|---|
| (011) : (0$\bar{1}$1) | = 66° 30′ | 66° 30′ | 66° 26′ | 66° 25′ |
| (121) : (01$\bar{1}$) | = 84 30 | 84 10 | — | — |

Spaltbarkeit nach {011} deutlich, nach anderen Ebenen unvollkommen.

Doppelbrechung positiv, sehr stark; Axenebene {010}, 1. Mittellinie nahe senkrecht zu {$\bar{1}$02}; Axenwinkel ziemlich klein mit sehr großer Dispersion $\varrho > v$; die Werte der Axenwinkel und der Brechungsindices natürlicher Krystalle sehr schwankend infolge isomorpher Beimischungen; für *Na* sind die Brechungsindices:

$$\alpha = 1{,}888\text{—}1{,}913, \quad \beta = 1{,}894\text{—}1{,}921, \quad \gamma = 1{,}979\text{—}2{,}054.$$
$$2E = 51^\circ\text{—}69^\circ \text{ für } Li, \quad 45^\circ\text{—}63^\circ \text{ für } Na, \quad 40^\circ\text{—}58^\circ \text{ für } Tl.$$

### Berylliumdisilicat (Bertrandit) = $Si_2O_9Be_4H_2$.

Spec. Gew. 2,57—2,60 (nat. Kryst.).
Rhombisch pyramidal.

$a : b : c = 0{,}5973 : 1 : 0{,}5688$ Penfield (nat. Kryst.).

Die natürlichen Krystalle zeigen mannigfache Combinationen von {010}, {110}, {130}, {100}, {001}, {011}, {031} u. a. Formen; Zwillinge nach {100}, sowie auch nach mehreren anderen Gesetzen.

7) Hautefeuille, Ann. chim. phys. 1865, (4) 4, 154. Compt. rend. 59, 698.
8) Michel, Compt. rend. 1892, 115, 830. Bull. soc. min. fr. 1892, 15, 254. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 24, 616.
9) Sustschinsky, Zeitschr. f. Krystall. 1904, 38, 266.

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2V = 71^\circ - 75^\circ$, $\beta = 1,569$ ($Na$).

[100] ist elektrische Axe (danach auch die Ausbildung der Krystalle polar).

### Calciumzinkhydrosilicat (Klinoëdrit) = $SiO_5CaZnH_2$.

Spec. Gew. 3,33—3,34 (nat. Kryst.).
Monoklin domatisch.

$a:b:c = 0,6826:1:0,3226$; $\beta = 103^\circ 56'$ Penfield und Foote.

Fig. 571.

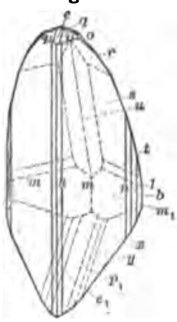
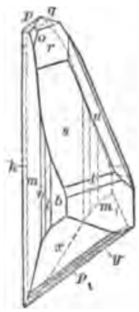


Fig. 572.



Das Mineral zeigt die in beistehenden Figuren 571 und 572 abgebildeten Combinationen: $m\{110\}$, $s\{\bar{5}51\}$, $m_1\{\bar{1}10\}$, $b\{010\}$, $h\{320\}$, $n\{120\}$, $l\{130\}$, $r\{\bar{3}31\}$, $u\{\bar{5}31\}$, $q\{\bar{1}11\}$, $x\{\bar{1}3\bar{1}\}$, $e_1\{101\}$, $p_1\{\bar{1}1\bar{1}\}$, $y\{\bar{1}2\bar{1}\}$, $p\{111\}$, $o\{\bar{1}31\}$, $e\{101\}$, $t\{\bar{7}71\}$.

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet $60^\circ$ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$.

Der analoge Pol der elektrischen Axe liegt bei den Flächen $e$, $p$, $y$, $x$, der antiloge bei $e$, $p$ und den angrenzenden Teilen von $m$.

### Zinkhydrosilicat (Calamin, Hemimorphit) = $SiO_5Zn_2H_2$.

Spec. Gew. 3,4—3,5 (nat. Kryst.).
Rhombisch pyramidal.

$a:b:c = 0,7835:1:0,4778$ Schrauf (nat. Kryst.).

Die natürlichen Krystalle sind meist tafelförmig nach $b\{010\}$ und zeigen außerdem als häufigste Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$; am analogen Pole: $t\{301\}$, $i\{031\}$, $s\{101\}$, $e\{011\}$, $c\{001\}$, am antilogen Pole: $v\{12\bar{1}\}$. Zwillinge nach $\{001\}$.

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen, nach $s\{101\}$ deutlich, nach $c\{001\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $a\{100\}$. Brechungsindices nach Lang:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $Li$: | $\alpha = 1,6107$ | $\beta = 1,6142$ | $\gamma = 1,6324$ | $2V = 47^\circ 30'$ | $2E = 81^\circ\ 7'$ |
| $Na$: | 1,6136 | 1,6170 | 1,6360 | 46 9 | 78 39 |

## Silicate, Titanate usw. dreiwertiger Metalle.

Vom Aluminium existieren in der Natur zwei nach der einfachen Formel $SiO_5Al_2$ zusammengesetzte Verbindungen, welche sich durch ihr Verhalten gegenüber chemischen Agentien so wesentlich unterscheiden, daß sie als unzweifelhaft chemisch isomer betrachtet werden müssen. Die eine, der Disthen oder Cyanit, zeichnet sich durch große Widerstandsfähigkeit gegen Zersetzung aus und kann daher aufgefaßt werden als **Aluminiumdioxymetasilicat** = $SiO_3(AlO)_2$, während die andere wegen ihrer leichteren Zersetzbarkeit und der Fähigkeit, hierbei ein Kaliumaluminiumorthosilicat (Glimmer) zu bilden, als **Aluminiumoxyorthosilicat** = $SiO_4Al(AlO)$ zu betrachten ist. Die zweite Verbindung tritt außerdem in zwei polymorphen

Modificationen auf, Andalusit und Sillimanit, welche beide rhombisch mit ähnlichen Prismenwinkeln krystallisieren, sich aber in ihren physikalischen Eigenschaften scharf unterscheiden. Der Sillimanit scheint sich nur in höherer Temperatur zu bilden und ist die einzige Form der Verbindung $SiO_5Al_2$, welche bisher künstlich dargestellt werden konnte; dementsprechend zeigt derselbe in hoher Temperatur keine Umwandlung. Nach derselben Formel zusammengesetzt ist das von Duboin[1]) durch Schmelzen der Bestandteile in einem Überschusse von $CaCl_2$ dargestellte **Yttriumsilicat** $= SiO_5Y_2$, dessen monokline Krystalle entweder Rhomben von 140° und 40°, gebildet von {001} und {110}, untergeordnet {100} und {010}, oder nach letzterem tafelförmig sind mit den Endflächen {001}, {$\bar{1}$01}; (001):(100) = 86°, (10$\bar{1}$):(100) = 35°. Doppelbrechung positiv stark, Axenebene {010}, $2E = 35°$ ca., Auslöschungsschiefe auf {010} 31°. Endlich wurde eine analoge Formel auch gefunden für ein **Ferrititanat** $= TiO_5Fe$, dessen rhombische Krystallform übereinstimmt mit der des Minerales Pseudobrookit; die Analysen der natürlichen Krystalle lieferten jedoch Zahlen, welche besser mit der Formel $Ti_3O_{12}Fe_4$ übereinstimmen, daher die Zusammensetzung dieses Körpers noch nicht als sicher festgestellt betrachtet werden kann. Der zuletzt erwähnten Formel entspricht diejenige des natürlichen **Wismutsilicates** $= Si_3O_{12}Bi_4$, welches in zwei Modificationen vorkommt, als Eulytin in hexakistetraëdrischen, als Agricolit in monoklinen, aber nicht meßbaren Krystallen.

S. 232 wurde erwähnt, daß die isomorphe Mischung der Metasilicate von $Mn$, $Fe$, $Mg$ und $Ca$ in triklinen Krystallen vorkomme; diese Mischung mit wechselnden Mengen des für sich nicht bekannten Ferrimetasilicates $(SiO_3)_3Fe_2$ bildet das ebenfalls triklin und sehr ähnlich krystallisierte Mineral Babingtonit, und eine analoge Zusammensetzung und die gleiche Krystallform besitzen auch gewisse Schlacken, von welchen ausführliche krystallographische Untersuchungen vorliegen.

Außer den genannten Silicaten kommen in der Natur noch folgende Hydroxyl bzw. Halogen enthaltende Verbindungen vor:

**Aluminiumfluorosilicat** $= SiO_4F_2Al_2$ bildet das Mineral Topas, in welchem jedoch ein kleiner Teil des Fluors durch Hydroxyl ersetzt ist; da die rhombische Krystallform eine gewisse Ähnlichkeit mit der des Andalusit zeigt, kann man die Verbindung als $SiO_4Al(AlF_2)$ auffassen. Für den seltenen, kubisch krystallisierten Zunyit wird die Formel: $Si_3O_{12}Al_8(OH, F, Cl)_{12}$, ebenfalls mit isomorpher Vertretung des Hydroxyls und der Halogene, angenommen.

**Aluminiumhydrosilicat** $= Si_2O_9Al_2H_4$ ist der Kaolinit, welcher monoklin krystallisiert; ob der unvollkommen krystallisierte Nontronit das entsprechende **Ferrihydrosilicat** $= Si_2O_9Fe_2H_4$ ist oder die Zusammensetzung $Si_3O_{14}Fe_2H_{10}$ hat, wie die Mehrzahl der Analysen ergeben, bleibt noch zu

1) Duboin, Compt. rend. 1888, **107**, 99. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 327.

entscheiden. Andere Aluminiumhydrosilicate, wie der Pyrophyllit $Si_4O_{12}Al_2H_2$, sind noch nicht in bestimmbaren Krystallen gefunden worden.

Als Thalenit ist ein Mineral in monoklinen Krystallen beschrieben worden, für dessen Zusammensetzung die (noch unsichere) Formel $Si_3O_{11}Y_3H$ angenommen wird.

### Aluminiumdioxymetasilicat = $SiO_3(AlO)_2$
(nat. Disthen, Cyanit).

Spec. Gew. 3,5—3,7 (nat. Kryst.).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}8994:1:0{,}7090$ vom Rath (nat. Kryst.).

$\alpha = 90^\circ 5\frac{1}{2}', \quad \beta = 101^\circ 2', \quad \gamma = 105^\circ 44\frac{1}{2}'$.

Die natürlichen Krystalle zeigen gewöhnlich nur die Formen {100}, {010}, {110}, {210}, {1$\bar{1}$0}, {001}. Zwillinge nach mehreren Gesetzen, welche den Parallelismus von {100} beider Krystalle gemeinsam haben.

Spaltbarkeit nach {100} sehr vollkommen, nach {010} ziemlich vollkommen, nach {0$\bar{1}$1} unvollkommen. {001} ist ausgezeichnete Gleitfläche.

Doppelbrechung negativ; Axenebene und 1. Mittellinie nahe senkrecht zu {100}; erstere bildet mit der $c$-Axe ca. 32° im spitzen Winkel $\alpha$; $2V = 82^\circ$—$83^\circ$ mit schwacher Dispersion $\varrho > v$, $\beta = 1{,}720$ rot.

### Aluminiumoxyorthosilicat = $SiO_4Al(AlO)$.

#### 1. Modification: Andalusit.

Spec. Gew. 3,1—3,2 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9861:1:0{,}7025$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet pseudotetragonale Prismen {110} mit {001}, wozu als untergeordnete Endflächen noch zuweilen {101}, {011} u. a. treten.

Spaltbarkeit nach {110} deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}; für Rot: $\alpha = 1{,}632$, $\beta = 1{,}638$, $\gamma = 1{,}643$, $2V = 84^\circ$ ca. (Des Cloizeaux).

#### 2. Modification: Sillimanit.

Spec. Gew. 3,23=3,24 (nat. Kryst.).
Rhombisch. $a:b:c = 0{,}6873:1:?$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Ein Aluminiumsilicat mit ähnlichen Eigenschaften erhielten Deville und Caron[2]) durch Erhitzen von $SiO_2$ und $Al_2O_3$ in einem Strome von $SiF_4$, nadelförmige rhombische Prismen von der Zusammensetzung $SiO_5Al_2$ Fremy und Feil[3]) durch Calcination von $AlF_3$ mit $SiO_2$ und ebensolche Hautefeuille und Margottet[4]) beim Schmelzen von $Al_2O_3$ und $SiO_2$ mit Metaphosphorsäure. Vernadsky[5]) stellte den Sillimanit in mikroskopischen Prismen dar durch Schmelzen von $SiO_2$ mit $Al_2O_3$ (neben amorpher Kieselsäure), durch Erhitzen von Kaolin, Disthen, Andalusit und Dumortierit, und wies nach, daß

2) Deville u. Caron, Compt. rend. 1858, **46**, 764; 1861, **52**, 780.

3) Fremy u. Feil, Compt. rend. 1877, **85**, 1029. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **2**, 515.

4) Hautefeuille u. Margottet, Compt. rend. 1883, **96**, 1052. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 410.

5) Vernadsky, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 447; 1890, **13**, 256. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 276; **21**, 280.

Porzellan u. a. stark geglühte thonreiche Materialien aus einem Gemenge von amorphem Glase mit kleinen Sillimanitnadeln bestehen.

Die natürlichen Krystalle zeigen nur die Prismen {110} und {230}, von welchen das letztere einen sehr ähnlichen Winkel wie {110} des Andalusit besitzt.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {100}; Brechungsindices und Axenwinkel (starke Dispersion $\varrho > v$) an den natürlichen Krystallen sehr schwankend.

### Isomorphe Mischung (Babingtonit) = $[SiO_3]_3(Mn_2, Fe_2, Mg_2, Ca_2, Fe_2, Mn_2)$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1,0807:1:0,6237 \text{ Buchrucker[6]}.$$

$$\alpha = 77^\circ 33', \quad \beta = 108^\circ 34', \quad \gamma = 97^\circ 7'.$$

Bessemerschlacken von obiger Zusammensetzung wurden von G. vom Rath[7]) und Buchrucker gemessen; dieselben zeigen die Combination: *c*{001}, *a*{1$\bar{1}$0}, *b*{110}, *t*{010}, *l*{100}, *r*{2$\bar{2}$1}, *k*{22$\bar{1}$}. An dem natürlichen Babingtonit werden dieselben Formen beobachtet, deren (einer anderen Aufstellung der Krystalle entsprechenden) Buchstabenbezeichnung hier auch für diejenigen der Schlacke verwendet ist.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *c* : *l* = (001) : (100) = | 72° 28¾′ | 72° 31′ |
| *c* : *t* = (001) : (010) = | 79 12 | 78 59 |
| *c* : *b* = (001) : (110) = | — | *85 59½ |
| *b* : *t* = (110) : (010) = | 41 59¾ | 41 57 |
| *l* : *b* = (100) : (110) = | — | *44 35 |
| *a* : *l* = (1$\bar{1}$0) : (100) = | — | *48 10 |
| *a* : *t* = (1$\bar{1}$0) : (010) = | 45 16 | 45 26 |
| *a* : *c* = (1$\bar{1}$0) : (001) = | — | *69 16 |
| *c* : *r* = (001) : (2$\bar{2}$1) = | — | *43 33 |
| *t* : *l* = (0$\bar{1}$0) : (100) = | 93 25 | 93 36 |
| *a* : *b* = (1$\bar{1}$0) : (110) = | 92 45 | 92 37 |
| *b* : *k* = (100) : (22$\bar{1}$) = | 31 33 | 31 10½ |
| *t* : *l* = (010) : (100) = | 86 34¾ | 86 32 |

Spaltbarkeit nach *b*{110} und *a*{1$\bar{1}$0} deutlich.

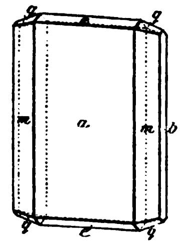
### Ferrititanat (Pseudobrookit?) = $TiO_5Fe_2$.

Spec. Gew. 4,6 Doß[8]) (4,98 nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,9773:1:1,1147 \text{ Doß[8]}.$$

Fig. 573.



Als sublimative Bildung auf den Chamotteziegeln eines Sulfatofens in einer Sodafabrik wurden kleine rötlichschwarze, diamantglänzende Kryställchen beobachtet, nach Doß die Combination (Fig. 573): *a*{100}, *m*{210}, *b*{010}, *e*{103}, *q*{113}, während an den natürlichen Pseudobrookitkrystallen auch auftreten: {110}, {101} u. a.

---

6) Buchrucker, Zeitschr. f. Krystall. 1891, **18**, 624.

7) G. vom Rath, Sitzungsber. Niederrhein. Ges. Nat.- u. Heilk. Bonn 1887, 283. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **17**, 108.

8) Doß, Zeitschr. f. Krystall. 1892, **20**, 569.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (210):(2\bar{1}0) =$ | — | *52° 5′ |
| $e:a = (103):(100) =$ | — | *69 11 |
| $e:m = (103):(110) =$ | 71°23′ | 71 9 |
| $q:a = (113):(100) =$ | 70 23 | 70 17 |
| $q:m = (113):(210) =$ | 63 32 | 63 44 |
| $q:q' = (113):(\bar{1}13) =$ | 39 14 | 39 11 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ deutlich (nat. Kryst.).
Ebene der optischen Axen $c\{001\}$.

### Aluminiumfluorosilicat (Topas) = $SiO_4F_2Al_2$.

Spec. Gew. 3,57 (nat. Kryst.).

$a:b:c = 0{,}5281:1:0{,}9542$ Ingersoll (nat. Kryst.).

Reich[9]) stellte ein rhombisch krystallisiertes Aluminiumsilicat durch Glühen von $AlF_3$ und $SiO_2$ dar und ließ auf dieses $SiF_4$ in heller Rotglut einwirken; es entstanden rhombische Kryställchen, deren Endigung nach Arzruni von {021} gebildet wurde. Ältere Versuche von Daubrée und Deville lieferten keine bestimmbaren Krystalle.

Der natürliche Topas, welcher 0,2—2,4% $OH$ für $F$ enthält (die $OH$-reichsten haben größeres $a$, kleineres $c$ und das spec. Gew. 3,53), zeigt als häufigste Formen: {110}, {120}, {001}, {011}, {021}, {112}, {113}, {111}.

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}, $c$ 1. Mittellinie. Für die fast hydroxylfreie Verbindung sind die Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1{,}6072$, $\beta = 1{,}6104$, $\gamma = 1{,}6176$; $2V = 67°18'$, $2E = 126°24'$. Mit dem Hydroxylgehalte nehmen die Brechungsindices zu, der Axenwinkel ab; so ist z. B. für eine hydroxylreichere Varietät $2V = 50°5'$ ($C$), $49°37'$ ($D$), $48°32'$ ($F$).

Die nicht seltenen optischen Anomalien und die pyroëlektrischen Eigenschaften der Topaskrystalle lassen es als möglich erscheinen, daß dieselben nur pseudorhombisch sind, in Wahrheit aber eine niedere Symmetrie besitzen.

### Aluminiumhydrosilicat (Kaolinit) = $Si_2O_9Al_2H_4$.

Spec. Gew. ca. 2,5 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}5748:1:1{,}5997$; $\beta = 96°49'$ Miers (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet dünne pseudohexagonale Blättchen nach {001} mit den Randflächen {110}, {010} u. a.

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu {010} und ca. 20° zur $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$ geneigt; $2V = 90°$ ca.

---

9) Reich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1896, **105** (IIb), 105. Monatshefte f. Chem. Wien 1896, **17**, 149. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **30**, 527.

# Doppel- und Tripelsalze.

## Silicate, Titanate usw. zwei- und einwertiger Metalle und deren Hydrate und Halogenverbindungen.

Ein **Kaliumberylliumsilicat** von der Zusammensetzung $Si_4O_{12}Be_3K_2$ krystallisiert nach Hautefeuille[1]), welcher es durch Lösung der Bestandteile in geschmolzenem Kaliumvanadat darstellte, kubisch, und zwar in Ikositetraëdern, wie das Mineral Leucit (S. 265), welches sich chemisch dadurch unterscheidet, daß $3Be$ durch $2Al$ vertreten sind. Berylliumverbindungen sind ferner folgende seltene Mineralien: Epididymit und Eudidymit, deren Zusammensetzung $Si_3O_8BeNaH$ ist und von welchen das erste rhombisch, das zweite monoklin krystallisiert; der tetragonale Melinophan $Si_3O_{10}FBe_2Ca_2Na$ und der rhombische Leukophan $Si_2O_6FBeCaNa$. Ein **Kaliummagnesiumsilicat** $= Si_3O_8MgK_2$ erhielt Duboin[2]) durch Schmelzen von $MgO$ und $SiO_2$ mit $KF$ in hexagonalen Tafeln mit negativer Doppelbrechung. Das Mineral Pektolith, dessen Zusammensetzung wahrscheinlich der Formel $Si_3O_9Ca_2NaH$ entspricht, wird wegen der Ähnlichkeit seiner monoklinen Krystallform mit derjenigen des Wollastonites (S. 231) gewöhnlich ebenfalls zur Pyroxengruppe gestellt. Die Zusammensetzung des zu den Zeolithen gehörigen, tetragonal krystallisierenden Apophyllit kann aufgefaßt werden als die eines wasserhaltigen sauren Metasilicates $(SiO_3)_8Ca_4KH_7 . 4\frac{1}{2}HO$.

Silicotitanate bzw. -zirkonate sind die folgenden seltenen Mineralien: der monokline Neptunit $= Si_4TiO_{12}FeNa_2$, in welcher Formel aber $\frac{1}{3}$ des $Fe$ durch $Mn$ und $\frac{1}{4}$ des $Na$ durch $K$ ersetzt ist; der rhombische Astrophyllit, dessen Zusammensetzung ungefähr der Formel $Si_4TiO_{16}(Fe, Mn)_4(K, Na, H)_4$ entspricht; der monokline Leukosphenit $= Si_{10}Ti_2O_{27}BaNa_4$, in welchem ein Teil des $Ti$ durch $Zr$ ersetzt ist; der trigonale Eudialyt, ungefähr $(Si, Zr)_{20}O_{52}Cl(Ca, Fe)_6Na_{13}$ mit $Si : Zr = 7 : 1$ circa. Abgesehen davon, daß die chemische Zusammensetzung dieser Mineralien noch nicht genügend sicher festgestellt ist, nandelt es sich hier durchweg um isomorphe Mischungen, nicht um reine Verbindungen.

### Natriumberylliumsilicat $= Si_3O_8BeNaH$.

#### Epididymit.

Spec. Gew. 2,548 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$$a : b : c = 1{,}7367 : 1 : 0{,}9274 \text{ Flink (nat. Kryst.).}$$

Das Mineral zeigt die Formen: {001}, {100}, {010}, {201}, {110} u. a.
Spaltbarkeit nach {001} sehr vollkommen, nach {010} vollkommen.

---

1) Hautefeuille u. Perrey, Compt. rend. 1888, **107**, 786. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 328.

2) Duboin, Compt. rend. 1895, **120**, 678. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 589.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {001}, 1. Mittellinie Axe $b$; Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1,565$, $\beta = 1,568$ ca., $\gamma = 1,569$; Axenwinkel klein, $\varrho > v$.

### Eudidymit.

Spec. Gew. 2,553 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,7108:1:1,1071$; $\beta = 93^\circ 45\frac{1}{2}'$ Brögger (nat. Kryst.).

Das Mineral tritt in dünnen Tafeln nach {001} auf, mit den Randflächen {111}, {335}, {552} usw., meist in Zwillingen nach {001}.
Spaltbarkeit nach {001} vollkommen, nach {$\bar{5}$51} deutlich.
Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $58\frac{1}{2}^\circ$ im spitzen Winkel $\beta$. Brechungsindices:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $Li$: | $\alpha = 1,5444$ | $\beta = 1,5448$ | $\gamma = 1,5497$ | $2V = 30^\circ 44'$ |
| $Na$: | 1,5453 | 1,5457 | 1,5508 | 29 55 |
| $Tl$: | 1,5476 | 1,5480 | 1,5534 | 28 52 |

### Natriumcalciumberylliumfluorosilicate.

#### Melinophan = $Si_2O_{10}FBe_2Ca_2Na$.

Spec. Gew. 3,0 (nat. Kryst.)
Tetragonal. $a:c = 1:0,6584$ Bertrand (nat. Kryst.).
Das Mineral bildet Tafeln nach {001}, selten mit Randflächen {111}, {101}, {100} u. a.
Spaltbarkeit nach {001} ziemlich vollkommen.
Brechungsindices nach Brögger:

| | | |
|---|---|---|
| für $Li$: $\omega = 1,605$ | für $Na$: $\omega = 1,613$ | für $Tl$: $\omega = 1,616$ |
| $\varepsilon = 1,592$ | $\varepsilon = 1,594$ | $\varepsilon = 1,598$ |

#### Leukophan = $Si_2O_6FBeCaNa$.

Spec. Gew. 2,96 (nat. Kryst.).
Rhombisch bisphenoidisch.

$a:b:c = 0,9939:1:0,6722$ Brögger (nat. Kryst.).

Die Krystalle dieses Minerales zeigen mannigfache Ausbildung und besonders häufig pseudotetragonale Zwillingsbildung nach {110}, {001} und {010}.
Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.
Doppelbrechung negativ; Axenebene {100}, $c$ 1. Mittellinie; Brechungsindices nach Brögger:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für $Li$: | $\alpha = 1,568$ | $\beta = 1,591$ | $\gamma = 1,595$ | |
| » $Na$: | 1,571 | 1,595 | 1,598 | $2V = 39^\circ$. |

### Natriumcalciumsilicat (Pektolith) = $Si_3O_9Ca_2NaH$.

Spec. Gew. 2,88 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1140:1:0,9864$; $\beta = 95^\circ 20'$ E. Dana (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet nach der $b$-Axe verlängerte Nadeln mit vorherrschendem {100}.
Spaltbarkeit nach {100} deutlich.
Doppelbrechung positiv; Axenebene $\perp${010} und nahe senkrecht zu {100}, 1. Mittellinie Axe $b$; $2V = 60^\circ$ ca.

**Kaliumcalciumsilicat** (Apophyllit) = $Si_8O_{24}Ca_4KH_7 . 4\frac{1}{2}H_2O$.

Spec. Gew. 2,3—2,4 (nat. Kryst.).
Ditetragonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 1,2515$ Miller (nat. Kryst.).

Nach Wöhler[3]) läßt sich das Mineral bei 180° im geschlossenen Rohre im Wasser umkrystallisieren; Doelter[4]) erhielt in derselben Weise bei 150°—160° kleine wasserhelle Krystalle der Combination {100}, {111}, {001}, ebenso durch Erhitzen von Okenit mit kieselsaurem Kalium und kohlensäurehaltigem Wasser auf 200°. Die natürlichen Krystalle zeigen die gleichen Formen.

Spaltbarkeit nach {001} sehr vollkommen.

Brechungsindices der natürlichen Krystalle:

| | | |
|---|---|---|
| für *Li*: | $\omega$ = 1,531—1,533 | $\varepsilon$ = 1,533—1,534 |
| » *Na*: | 1,533—1,536 | 1,536—1,541 |

## Silicate, Titanate usw. drei- und einwertiger Metalle und deren Hydrate, Halogen- und Carbonatverbindungen.

Als normale Salze der Metakieselsäure sind die folgenden Mineralien zu betrachten: Spodumen = $Si_2O_6AlLi$, dessen monokline Krystallform in naher Beziehung zu der des Diopsides (S. 230) steht, daher er in die Gruppe der Pyroxene zu stellen ist. Die entsprechende Natriumverbindung Jadeït = $Si_2O_6AlNa$ tritt nicht in meßbaren Krystallen auf, gehört aber jedenfalls derselben Mineralgruppe an, worauf auch der meist vorhandene Natriumgehalt des Spodumen hinweist, und mit ihr ist wohl isomorph der Aigirin (Akmit) = $Si_2O_6FeNa$, dessen Elemente sehr nahe mit denen des Diopsides übereinstimmen; diese beiden Verbindungen treten in isomorphen Mischungen mit den Metasilicaten zweiwertiger Metalle auch in Mineralien der Amphibolgruppe (S. 231) auf, nämlich im Glaukophan, Riebeckit und im Änigmatit (Cossyrit), von welchen die beiden ersteren monoklin, der letzte triklin krystallisiert. Eine analoge empirische Formel, nämlich $Si_2O_6AlK$, meist mit teilweiser Vertretung von *K* durch *Na*, besitzt auch der Leucit, dessen pseudokubische Krystalle aus doppeltbrechenden, wahrscheinlich rhombischen Zwillingslamellen zusammengesetzt sind, über 500° erhitzt jedoch einfachbrechend werden, indem sie sich in eine zweite kubische Modification umwandeln; die in der Natur beobachteten Zersetzungserscheinungen dieses Silicates sprechen dafür, daß seine chemische Constitution verschieden ist von derjenigen der vorhergehenden Mineralien und es sich von einer complexen Kieselsäure ableitet; bei der künstlichen Zersetzung des Minerales mit Salzsäure erhielt Tschermak[1]) eine Kieselsäure, welche die empirische Zusammensetzung der Metakieselsäure besitzt, sich aber durch ihr Verhalten davon unterscheidet und daher von ihm als die

3) Wöhler, Ann. d. Chem. u. Pharm. 1847, **65**, 80.
4) Doelter, N. Jahrb. f. Min. usw. 1890, **1**, 120. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 151.
1) Tschermak, Zeitschr. f. physik. Chemie 1905, **53**, 364.

polymere $Si_2O_6H_4$ betrachtet und als »Leucitsäure« bezeichnet wird. Der in der Natur nicht vorkommende »Eisen-Leucit« $= Si_2O_6FeK$ wurde in Krystallen dargestellt, welche unzweifelhaft mit denen der Aluminiumverbindung isomorph sind.

Als ein saures Salz der Metakieselsäure von der Formel $(SiO_3)_9Al_4Cs_4H_2$ kann das kubisch krystallisierte Mineral Pollucit betrachtet werden, und als das Monohydrat eines Natrium-Leucites der Analcim $= Si_2O_6AlNa.H_2O$, dessen kubische, aber anomal doppeltbrechende Krystalle meist vorherrschend das Ikositetraëder {211} zeigen und somit auch in ihrer Form an den Leucit erinnern; doppeltbrechende Ikositetraëder dieser Substanz erhielt Schulten[2]) durch Erhitzen einer Lösung von Natriumsilicat und Ätznatron mit aluminiumreichem Glase bei 180°—190°, einfachbrechende Krystalle mit den Formen {211} und {100} aus einem entsprechenden Gemenge von Natriumsilicat und Natriumaluminat, welches mit Kalkwasser auf 180° erhitzt wurde; ebenfalls einfachbrechende Ikositetraëder erhielten Friedel und Sarasin[3]) neben Albitkrystallen beim Erhitzen einer Lösung von kieselsaurem Natrium mit gefälltem Aluminiumsilicat auf 500°; die leichte Bildung von Ikositetraëdern aus erhitzten Lösungen der Bestandteile des Analcims beobachtete auch Doelter[4]). Endlich läßt sich auch die Zusammensetzung des in regulären Oktaëdern krystallisierenden Faujasit als die eines sauren Metasilicates $= (SiO_3)_5Al_2Na_2H_2.9H_2O$ auffassen, in welcher aber $Na_2$ z. T. durch $Ca$ ersetzt ist.

Die einfachst zusammengesetzten Orthosilicate sind die beiden Mineralien Eukryptit $= SiO_4AlLi$ und Phakolit $= SiO_4AlK$, über deren Krystallform nur die Zugehörigkeit zum hexagonalen Systeme bekannt ist. Die letztere Verbindung, das **Kaliumaluminiumorthosilicat** $= SiO_4AlK$, erhielt dagegen Duboin[5]) durch längeres Erhitzen von $SiO_2$ und $Al_2O_3$ in einem Überschusse von $KF$ in pseudohexagonalen rhombischen Drillingskrystallen mit einem Prisma von 83°; Doppelbrechung negativ, $2V = 40°$ ca. Von der den beiden vorhergenannten Mineralien analogen Verbindung $SiO_4AlNa$ unterscheidet sich der ebenfalls hexagonale Nephelin durch einen etwas höheren Kieselsäuregehalt, demzufolge für dieses Mineral die Formel $Si_9O_{34}Al_8Na_8$ angenommen wird, welche sich als diejenige eines Orthosilicates betrachten läßt, in welcher die einwertige Gruppe $SiO_3Na$, an Aluminium gebunden, vorhanden ist, nämlich $= (SiO_4)_7Al_6(Al.SiO_3Na)_2Na_6$; sehr ähnliche Krystallformen besitzen auch die Mineralien Cancrinit und Davyn, welche die analoge einwertige Atomgruppe $CO_3Na$, sowie das letztere auch $SO_4Na$ und $Cl$ enthalten, deren Formeln aber noch nicht als festgestellt betrachtet werden können; im Nephelin ist übrigens ein Teil

2) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1880, 3, 150; 1882, 5, 7. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 5, 499; 8, 400.

3) Friedel u. Sarasin, Compt. rend. 1883, 97, 290. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 10, 644.

4) Doelter, N. Jahrb. f. Min. usw. 1890, 1, 133. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 21, 152.

5) Duboin, Bull. soc. fr. min. 1892, 15, 191. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 24, 527.

des *Na* durch *K* ersetzt, sowie meist auch etwas *Ca* vorhanden. Betreffs der Zusammensetzung des Nephelins muß ferner erwähnt werden, daß nach Doelter[6]) eine Schmelze von der Zusammensetzung $SiO_4AlNa$ vollständig zu Krystallen erstarrte, welche denjenigen des natürlichen und des umgeschmolzenen Nephelins entsprachen, während bei Zusatz von mehr $SiO_2$ neben dem entstehenden Nephelin noch Kieselsäure ungeschmolzen bleibt und erst bei längerem Erhitzen aufgenommen wird, so daß man den höheren Kieselsäuregehalt des Nephelins auch einer festen Lösung von $SiO_2$ in dem Orthosilicate $SiO_4AlNa$ zuschreiben könnte. Gorgeu[7]) erhielt durch starkes Erhitzen von Kaolin mit Kali reguläre Oktaëder von der Zusammensetzung $SiO_6Al_2K_2$, wahrscheinlich als basisches Orthosilicat $SiO_4(AlO)_2K_2$ zu betrachten. Einer Verbindung von 3 Mol. $SiO_4AlNa$ mit 1 Mol. $NaCl$ entspricht die Zusammensetzung des kubischen Minerales Sodalith, in welchem jedoch das Chlor wahrscheinlich an Aluminium gebunden ist, entsprechend der Constitutionsformel: $(SiO_4)_3Al_2(AlCl)Na_4$. Neuerdings wurde von Weyberg ein Bromlithium-Sodalith dargestellt.

Die Mineralien der Glimmergruppe schließen sich insofern an die Orthosilicate an, als gewissen Muscoviten die Formel eines sauren orthokieselsauren Salzes $Si_3O_{12}Al_3KH_2$ und dem Paragonit die Formel $Si_3O_{12}Al_3NaH_2$ zukommt; viele Kaliglimmer sind indessen kieselsäurereicher, und dasselbe gilt für die stets fluorhaltigen Lithionglimmer, unter denen der Lepidolith die Zusammensetzung eines Metasilicates besitzt. In vielen Glimmern, besonders im Biotit und Phlogopit, treten nun zu den drei- und einwertigen Metallen in wechselnden Mengen zweiwertige, *Mg* und *Fe*, hinzu. Trotz dieser großen chemischen Verschiedenheiten zeigen alle Glimmermineralien, soweit sie deutlich krystallisiert sind, sehr ähnliche monokline Krystallformen, ausgezeichnet durch ihren pseudohexagonalen Charakter, welcher auch die Cohäsionsverhältnisse beherrscht. Eine befriedigende Erklärung dieser Tatsache, sowie überhaupt der chemischen Constitution dieser Verbindungen ist noch nicht gefunden worden, auch ist es noch nicht gelungen, die einfach zusammengesetzten Verbindungen, deren Formeln oben angeführt sind, synthetisch darzustellen. Allerdings hat Doelter[8]) durch Schmelzen mit Fluorverbindungen sechsseitige Tafeln von ähnlichen optischen Eigenschaften erhalten, diese waren aber jedenfalls frei von Hydroxyl, also dadurch vom eigentlichen Muscovit unterschieden; die sonstigen glimmerartigen, aber niemals meßbaren Krystalle, welche durch Schmelzversuche dargestellt worden sind, enthalten zweiwertige Metalle und entsprechen also complicierten Mischungen von der Art der Biotite[9]).

---

6) Doelter, Zeitschr. f. Krystall. 1884, **9**, 321.

7) Gorgeu, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 278. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 646.

8) Doelter, Tschermaks min. u. petr. Mitteil. 1888, **10**, 67. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 110.

9) S. besonders Vogt, Arch. f. Math. og Naturvid. 1888, **13**, 90. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 170.

**Natriumaluminiumorthosilicat - Hemihydrat** = $SiO_4AlNa.\frac{1}{2}H_2O$ stellten C. und G. Friedel[10]) dar durch Behandeln von Muscovit mit Natronlauge bei 500°; die Krystalle (spec. Gew. 2,378) sind rhombische Combinationen {001}, {010}, {110}, {011}, häufig Zwillinge und Drillinge nach {110}; $(110):(1\bar{1}0) = 65°40'$, $(011):(001) = 43°30'$; Ebene der optischen Axen {100}, *b* 1. Mittellinie, $\beta = 1{,}52$ ca., $2V = 88°$ ca. Damit ist wahrscheinlich identisch der »Lembergit« Lagorios[11]), welcher ähnliche pseudohexagonale Verwachsungen bildet und jedenfalls noch weiterer Untersuchung bedarf. Als Hydrat eines sauren Orthosilicates $Si_3O_{12}Al_3Na_2H.3H_2O$ kann unter den sog. Zeolithen der Hydronephelit betrachtet werden, über dessen Krystallform nur bekannt ist, daß sie dem hexagonalen Systeme angehört. Ein anderer, weit wichtigerer und wegen seiner polysymmetrischen Krystallform interessanter Zeolith, der Natrolith, liefert zwar bei der Zersetzung durch Salzsäure nach Tschermak[12]) eine Säure vom Verhalten der Orthokieselsäure und wird von ihm als $Si_3O_{12}Al_2Na_2H_4$ betrachtet, kann aber auch als Hydrat eines basischen Metasilicates $Si_3O_9Al(AlO)Na_2.2H_2O$ angesehen werden. Dölter[4]) (l. c. 134) erhielt deutliche, aber nicht meßbare Krystalle von Natrolith beim Erhitzen des gepulverten Minerales mit kohlensäurehaltigem Wasser bei 160°.

Als eine Verbindung eines Metasilicates mit einem Carbonate = $(SiO_3)_7Al_4Na_2.2(CO_3)_7Ca_3Na_8.30H_2O$ erwies sich ein rhombisch krystallisiertes zufälliges Product der Sodafabrikation.

Unter den kieselsauren Salzen, welche sich weder von der Meta-, noch von der Orthokieselsäure ableiten, steht einem normalen Salze der letzteren in der Zusammensetzung am nächsten das Natriumaluminiumsilicat $Si_8O_{31}Al_6Na_{12}$, welches Friedel[10]) (l. c. 20) neben dem oben erwähnten Hemihydrate in pseudokubischen Krystallen erhielt; Combination: {111}, $\{1\bar{1}1\}$, {110}, $\{2\bar{1}1\}$, scheinbar hexakistetraëdrisch, aber aus monoklinen Einzelpartien und Zwillingslamellen zusammengesetzt; spec. Gew. 2,66; bei 500° Umwandlung in eine zweite, ebenfalls doppeltbrechende Modification.

Von der Dikieselsäure $Si_2O_5H_2$ leitet sich wohl das monoklin krystallisierende Mineral Petalit = $Si_4O_{10}AlLi$ ab; durch Schmelzen der Bestandteile mit Lithiumvanadat erhielt Hautefeuille[13]) Krystalle, welche er für identisch damit hielt, außerdem aber noch zwei andere Lithiumaluminiumsilicate $Si_5O_{14}Al_2Li_2$ und $Si_3O_8AlLi$; die erste Verbindung (spec. Gew. 2,40) bildet stark doppeltbrechende tetragonale Bipyramiden {111}, selten mit {001} und $\{hkl\}$; $a:c = 1:0{,}824$; $(111):(\bar{1}\bar{1}1) = {}^*79°5'$ beob., $(111):(1\bar{1}1) = 66°8'$ ber., 65°48' beob.; das zweite Salz (spec. Gew. 2,41) zeigt sehr

10) C. u. G. Friedel, Bull. soc. fr. min. 1896, **19**, 5; 1899, **22**, 17. Ausz. Zeitschr. f. Kryst. **29**, 415; **34**, 314.

11) Lagorio, Trav. soc. nat. Varsovie 1895, **11**, 7. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **28**, 526.

12) Tschermak, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1905, **114** (I), 463. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **44**, 109.

13) Hautefeuille, Compt. rend. 1880, **90**, 541; Ann. de l'école norm. sup. (2) **9**, 398. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 412.

ähnliche Krystallform, aber schwache Doppelbrechung; Combination {112} mit untergeordnetem {111}; (111) : (̄1̄11) = 78°53′ ber. (80°10′ beob.), (112) : (̄1̄12) = *62°30′. Die letzterwähnte Verbindung ist analog zusammengesetzt dem **Natriumaluminiumtrisilicat** = $Si_3O_8AlNa$ und dem **Kaliumaluminiumtrisilicat** = $Si_3O_8AlK$, d. i. dem Albit und dem Orthoklas-Mikroklin, den wichtigsten Gliedern der Feldspatgruppe; diese krystallisieren triklin, mit großer Annäherung an monokline Symmetrie und dementsprechend fast immer mit pseudomonokliner Zwillingsbildung, welche bei der Kaliumverbindung submikroskopisch werdend die scheinbar vollkommen monoklinen Orthoklaskrystalle hervorbringt; diese letzteren zeigen nun eine auffallende tetragonale Pseudosymmetrie, eine Erscheinung, mit welcher vielleicht die tetragonale Krystallisation der analogen Lithiumverbindung im Zusammenhange steht, wozu allerdings bemerkt werden muß, daß Mischungen beider noch nicht dargestellt wurden und auch lithiumhaltige Feldspäte nicht vorzukommen scheinen. Der Albit enthält meist in geringer Menge isomorphe Beimischungen der Kaliumverbindung, sowie solche der Calciumverbindung Anorthit (s. den nächsten Abschnitt), während umgekehrt der Kalifeldspat zuweilen bedeutende Mengen des isomorphen Natriumsilicates aufgenommen hat, so daß man die Existenz einer continuierlichen isomorphen Mischungsreihe zwischen $Si_3O_8AlNa$ und $Si_3O_8AlK$ annehmen darf. Mit dem Orthoklas-Mikroklin ist isomorph das in der Natur nicht vorkommende **Kaliumferritrisilicat** (Eisenoxyd-Orthoklas) = $Si_3O_8FeK$.

In naher Beziehung zu den Feldspäten steht eine tetragonal krystallisierte Mineralgruppe, zu welcher der Marialith = $(Si_3O_8)_3Al_2(AlCl)Na_4$ gehört; die häufigsten Glieder dieser Gruppe sind isomorphe Mischungen mit einem Calciumaluminiumsilicate (s. den nächsten Abschnitt).

Das seltene Mineral Narsarsukit, ebenfalls tetragonal krystallisierend, hat die Zusammensetzung $Si_{12}Ti_2O_{32}(FeF)Na_6$; ein Teil des Fluors ist durch Hydroxyl vertreten.

### Lithiumaluminiummetasilicat (Spodumen) = $Si_2O_6AlLi$.

Spec. Gew. 3,190 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0607:1:0,6235$; $\beta = 94°28'$ G. vom Rath (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt mannigfache Formen, an denen meist {100} und {110} vorherrschen.

Spaltbarkeit nach {110} vollkommen, scheinbar auch nach {100} infolge lamellarer Zwillingsbildung nach dieser Fläche.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}; die 1. Mittellinie bildet ca. 25° mit der $c$-Axe; $\alpha = 1,660$, $\beta = 1,666$, $\gamma = 1,676$ für Roth; $2V = 54°—60°$.

### Natriumferrimetasilicat (Aigirin, Akmit) = $Si_2O_6FeNa$.

Spec. Gew. 3,5 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0527:1:1,6012$; $\beta = 90°59\frac{1}{2}'$ Brögger (nat. Kryst.).

Bäckström[14]) erhielt durch Zusammenschmelzen entsprechender Mengen $SiO_2$, $Fe_2O_3$ und $CO_3Na_2$ ein Aggregat prismatischer Krystalle mit den optischen Eigenschaften des Aigirins.

Die natürlichen Krystalle zeigen vorherrschend {110}, {100} mit mannigfachen Endflächen, welche großenteils den wichtigsten Endflächen des Diopsides (s. S. 236) entsprechen. Häufig Zwillinge nach {100}.

Spaltbarkeit nach {110} ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}, 1. Mittellinie nahe parallel der $c$-Axe; Brechungsindices der natürlichen Krystalle:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Li*: | $\alpha = 1{,}7590$ | $\beta = 1{,}7929$ | $\gamma = 1{,}8054$ | $2V = 62°35'$ |
| *Na*: | 1,7630 | 1,7990 | 1,8126 | 62 13 |
| *Li*: | 1,7714 | 1,8096 | 1,8238 | 61 44 |

Pleochroïsmus stark.

### Kaliumaluminiummetasilicat (Leucit) = $Si_2O_6AlK$.

Spec. Gew. 2,47 Hautefeuille[15]).

Pseudokubisch.

Fouqué und Michel-Lévy[16]) erhielten durch Schmelzen der Bestandteile deutliche Pseudo-Ikositetraëder {211}, von denen die größeren Doppelbrechung und Zwillingslamellierung zeigten; die aus Schmelzen, welche zugleich Labradorit und Pyroxen lieferten, ausgeschiedenen Krystalle zeigten die Combination {211}, {101} mit Zwillingsbildung nach {101}. Hautefeuille[15]) erhielt ebenso ausgebildete Krystalle aus einer Schmelze von Kaliumvanadat und fand die Winkel (211) : (121) = 33°, (211) : (2$\bar{1}$1) wegen der Zwillingslamellen schwankend von 43°—48½°. Bis 2 mm große Pseudo-Ikositetraëder mit deutlichen Zwillingslamellen stellte Duboin[17]) durch Schmelzen von $SiO_2$ und $Al_2O_3$ in einem Überschusse von $KF$ dar.

Die natürlichen Krystalle sind Pseudo-Ikositetraëder {211}, selten mit {110} und {100}.

Doppelbrechung schwach; $n = 1{,}508—1{,}509$ für *Na* (nat. Kryst.).

### Kaliumferrimetasilicat (Eisen-Leucit) = $Si_2O_6FeK$.

Pseudokubisch.

Dargestellt von Hautefeuille[15]) (l. c. 378) durch Schmelzen der Bestandteile in Kaliumvanadat. Die Krystalle sind, wie die des Leucit, Pseudo-Ikositetraëder {211}, mit Zwillingsbildung nach {101}, aber weit stärkerer Doppelbrechung. Auf Grund der von ihm beobachteten Einaxigkeit betrachtet H. sie als tetragonale Combinationen {112}, {211} mit dem Axenverhältnisse $a : c = 1 : 1{,}0244$.

| | Berechnet: | Beobachtet: | {211} kubisch: |
|---|---|---|---|
| (112) : (1$\bar{1}$2) | = 49° 2′ | 49° 7′ | 48° 11′ |
| (112) : (211) | = 33 6 | 32 52 | 33 33 |
| (211) : (21$\bar{1}$) | = — | *47 10 | 48 11 |
| (211) : (121) | = 33 42 | 33 22 | 33 33 |
| (211) : (2$\bar{1}$1) | = 48 22 | — | 48 11 |

---

14) Bäckström, Bull. soc. fr. min. 1893, **16**, 130. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 313.

15) Hautefeuille, Compt. rend. 1880, **90**, 313, 378. Ann. d. l'éc. norm. sup. 1880, (2, **9**, 389. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 411.

16) Fouqué u. Michel-Lévy, Bull. soc. fr. min. 1879, **2**, 108; 1880, **3**, 118. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **3**, 444; **5**, 415.

17) Duboin, Bull. soc. fr. min. 1892, **15**, 191. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**, 327.

### Cäsiumaluminiumhydrometasilicat (Pollucit) = $Si_9O_{27}Al_4Cs_4H_2$.

Spec. Gew. 2,88—2,99 (nat. Kryst.).

Kubisch.

Die seltenen Krystalle dieses Minerals zeigen die Formen: {100}, {211} und {110}.

Brechungsindices nach Penfield: $n = 1{,}5215$ *Li*, 1,5247 *Na*, 1,5273 *Tl*.

### Nephelin = $Si_9O_{34}Al_8(Na, K)_8$.

Spec. Gew. 2,65 Friedel[18]).

Hexagonal pyramidal.

$a : c = 1 : 0{,}8389$ Kokscharow (nat. Kryst.).

Fouqué und Michel-Lévy[19]) erhielten ein Aggregat mikroskopischer hexagonaler Prismen mit den optischen Eigenschaften des Nephelines durch Schmelzen von $CO_3Na_2$, $Al_2O_3$ und $SiO_2$. Die Combination {10$\bar{1}$0}, {0001} bildet sich nach Hautefeuille[14]) (l. c. 384) aus der Lösung von Kieselsäure und Natriumaluminat in geschmolzenem Natriumvanadat. Kaliumhaltigen Nephelin in Krystallen mit den Formen {10$\bar{1}$0} und {0001} stellten C. und G. Friedel[18]) durch Zersetzung von Muscovit mittels Kalilauge bei 500° dar.

Die natürlichen Krystalle, welche nur in Erstarrungsgesteinen auftreten, zeigen gewöhnlich nur {10$\bar{1}$0}, {0001}, weniger häufig {10$\bar{1}$1} u. a. Formen, und sind nach Baumhauer gewöhnlich Zwillinge bzw. Vierlinge nach {10$\bar{1}$0} und {0001}, wie aus der Orientierung der unsymmetrischen Ätzfiguren auf {10$\bar{1}$0} hervorgeht.

Spaltbarkeit nach {10$\bar{1}$0} deutlich, nach {0001} unvollkommen.

Doppelbrechung negativ. Brechungsindices der natürlichen Krystalle für *Na*: $\omega = 1{,}542$, $\varepsilon = 1{,}538$ (Mittel verschied. Beob.).

### Natriumaluminiumchlorosilicat (Sodalith) = $Si_3O_{12}ClAl_3Na_4$.

Spec. Gew. 2,28—2,34 (nat. Kryst.).

Kubisch.

Mügge[20]) erhielt mikroskopische Krystalle, {100} mit {110}, durch Lösen von Nephelinpulver in geschmolzenem Chlornatrium, Friedel[21]) durch Zersetzung von Muscovit durch Natronlauge mit *NaCl* bei 500° die gleiche Combination, häufig in Zwillingen nach {211} bzw. {111}.

Die natürlichen Krystalle zeigen gewöhnlich {110} vorherrschend und sind oft Zwillinge nach {211} bzw. {111}.

Spaltbarkeit nach {110} ziemlich vollkommen.

Brechungsindices nach Feussner: $n = 1{,}4796$ *Li*, 1,4827 *Na*, 1,4855 *Tl*.

### Kaliumaluminiumhydrosilicat (Muscovit) = $Si_3O_{12}Al_3KH_2$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}5774 : 1 : 1{,}6456$ Kokscharow (nat. Kryst.).

18) C. u. G. Friedel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 129. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 260.

19) Fouqué u. Michel-Lévy, Compt. rend. 1878, **87**, 961. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **3**, 444.

20) Mügge in Rosenbusch, Mikrosk. Physiogr. d. Min., Stuttg. 1905, **1**, 40.

21) C. u. G. Friedel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 182. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 260.

Spaltbarkeit nach {001} höchst vollkommen; durch Eintreiben einer Spitze in eine Spaltungslamelle entstehen ferner Trennungen nach drei, unter 60° einander schneidenden Richtungen, deren eine ‖ {010}; die drei die Winkel dieser Trennungslinien halbierenden Richtungen entsprechen Gleitflächen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene ⊥ {010}; 1. Mittellinie nahe senkrecht zu {001}. Brechungsindices und Axenwinkel schwankend.

### Natriumaluminiumhydrosilicat (Natrolith) = $Si_3O_{12}Al_2Na_2H_4$.

Spec. Gew. 2,24 (nat. Kryst.).

a) Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 1{,}0218:1:0{,}3716$ Brögger (nat. Kryst.).

b) Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}0165:1:0{,}3599$; $\beta = 90°5'$ Brögger (nat. Kryst.).

Das Mineral tritt teils in rhombischen Krystallen auf, meist in der Combination {110}, {010}, {111}, teils in monoklinen Krystallen der in den Winkeln sehr wenig davon verschiedenen Combination {110}, {010}, {111}, {$\bar{1}$11}; letztere bildet Zwillinge nach {100}, durch deren lamellare Wiederholung pseudorhombische Krystalle von der Form a) entstehen.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}, 1. Mittellinie parallel bzw. nahe parallel der Axe $c$; Brechungsindices der rhombischen Krystalle nach Brögger:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Li*: | $\alpha = 1{,}4729$ | $\beta = 1{,}4763$ | $\gamma = 1{,}4853$ | $2V = 61°56'$ |
| *Na*: | 1,4754 | 1,4790 | 1,4887 | 62 15 |
| *Tl*: | 1,4780 | 1,4817 | 1,4918 | 62 34 |

Die optischen Constanten der monoklinen Krystalle sind nicht wesentlich davon verschieden.

### Natriumcalciumaluminiumsilicocarbonat = $(SiO_3)_7Al_4Na_2 . 2(CO_3)_7Ca_2Na_8 . 30H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}5295:1:1{,}730$ Arzruni[22]).

Beim Abkühlen von Rohsodalaugen entstehen nach Rammelsberg[22]) zuweilen farblose rhombische Tafeln $c${001}, combiniert mit $o${111} und $q${011}.

| | Berechnet: | Beobachtet: Arzruni: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *74° 52′ | 74° 50′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *53 42 | 53 35 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 117° 6′ | 117 9 | — |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $a${100}, 1. Mittellinie $c$-Axe; $2E$ circa 90°, $\varrho < v$.

### Lithiumaluminiumsilicat (Petalit) = $Si_4O_{10}AlLi$.

Spec. Gew. 2,40 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1535:1:0{,}7441$; $\beta = 112°26'$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Die seltenen Krystalle dieses Minerals zeigen vorherrschend {001} oder {010}.

22) Rammelsberg (mit Krystallbest. von Arzruni), Journ. f. prakt. Chemie 1887, (2) 35, 97. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 15, 115.

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen, nach {201} deutlich.

Doppelbrechung positiv; Axenebene ⊥{010} bildet mit Axe *a* $2\frac{1}{2}^\circ$—$3\frac{1}{2}^\circ$ im spitzen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie Axe *b*; $2V = 83^\circ 30'$ rot, $83^\circ 34'$ gelb, $83^\circ 52'$ blau, $\beta = 1{,}508$ rot, $1{,}510$ gelb, $1{,}518$ blau (Des Cloizeaux, nat. Kryst.).

### Natriumaluminiumtrisilicat = $Si_3O_8AlNa$

(nat. Albit, Natronfeldspat).

Spec. Gew. 2,61 Hautefeuille[23]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6330:1:0{,}5573 \text{ Glinka (nat. Kryst.).}$$

$$\alpha = 94^\circ 5', \quad \beta = 116^\circ 27', \quad \gamma = 88^\circ 7'.$$

Fouqué und Michel[24]) erhielten durch Schmelzen der Bestandteile nur Mikrolithen mit den optischen Eigenschaften des Albites. Meßbare Krystalle erzielte Hautefeuille[23]) durch Schmelzen von $SiO_2$ und $Al_2O_3$ mit Natriumwolframat; dieselben zeigten die Formen: {001}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{2}$01} und Zwillingsbildung nach {100} und {010}. Friedel und Sarasin[25]) stellten Albitkrystalle der Combination {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {001}, {10$\bar{1}$}, nach der *a*- oder *c*-Axe verlängert, z. T. Zwillinge nach {010}, dar aus gefälltem Aluminiumsilicat, welches in einem Metallrohre mit einer Lösung von Natriumsilicat auf 500° erhitzt wurde.

| | Berechnet: | Beob. Hautefeuille: |
|---|---|---|
| (110):(1$\bar{1}$0) | = 59° 13′ | 59° 15′—20′ |
| (110):(010) | = 60 27 | 60 20 |
| (001):(010) | = 86 24 | 87 0 circa |
| (1$\bar{1}$0):(001) | = 69 10 | 68 50′—69° 9′ |

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen, nach {010} ziemlich vollkommen, nach {110} unvollkommen.

Doppelbrechung positiv; die Axenebene schneidet {010} unter 20° im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie normal zu einer Ebene, welche mit {001}, {010} und {110} die Winkel $78\frac{1}{2}^\circ$ bzw. 15° und 55° bildet; für *D*: $\alpha = 1{,}5292$, $\beta = 1{,}5331$, $\gamma = 1{,}5393$, $2V = 76^\circ 36'$ (Viola, nat. Kryst.).

### Kaliumaluminiumtrisilicat (Kalifeldspat) = $Si_3O_8AlK$.

Spec. Gew. 2,55 Hautefeuille[26]).

a. **Mikroklin**: Triklin pinakoidal (isomorph mit Albit).

b. **Orthoklas**: Pseudo-monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}6585:1:0{,}5554; \quad \beta = 116^\circ 3' \text{ (nat. Kryst.).}$$

Meßbare Orthoklaskrystalle wurden zuerst von Hautefeuille[26]) dargestellt durch Schmelzen von $SiO_2$ und $Al_2O_3$ mit Kaliumwolframat; beobachtete Formen: {110}, {001}, {10$\bar{1}$}; die beiden letzteren Formen herrschend an den bei über 1000° entstandenen Krystallen; bei ca. 900° bilden sich nach {110} prismatische Krystalle, welche zuweilen auch {$\bar{1}$11} zeigen; während die mit

23) Hautefeuille, Compt. rend. 1877, **84**, 1301. Ann. de l'école norm. sup. 1880, (2) **9**, 378. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **2**, 106.

24) Fouqué u. Michel-Lévy, Compt. rend. 1878, **87**, 702. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **3**, 441.

25) Friedel u. Sarasin, Compt. rend. 1883, **97**, 290. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 644.

26) Hautefeuille, Compt. rend. 1877, **85**, 952; 1880, **90**, 830; Ann. scient. de l'école norm. sup. 1880, (2) **9**, 384. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **2**, 513; **5**, 413.

Wolframat dargestellten Krystalle meist einfache waren, bildeten sich bei Anwendung von Kaliumvanadat Zwillinge theils nach {100}, teils nach {021}; wurde Phosphat als Schmelzmittel angewendet, so entstand die Combination {110}, {010}, {001}, {$\bar{1}$01} in Zwillingen nach {100}. C. Friedel und Sarasin[27]) erhielten durch Einwirkung einer Lösung von Kaliumsilicat und Kali auf gefälltes Aluminiumsilicat bei 500° Täfelchen nach {010} mit den Randflächen {110}, {001}, {10$\bar{1}$}, {20$\bar{1}$}, z. T. Zwillinge nach {001}, und C. und G. Friedel[18]) durch Erhitzen von Muscovit mit Kaliumsilicatlösung bei 600° ähnliche Krystalle der Combination {010}, {001}, {110}, unter denen sich Zwillinge nach {100}, nach {021} und nach {001} befanden.

Als Hüttenproduct wurde Orthoklas mehrfach in den Gestellen von Schmelzöfen beobachtet; Hausmann[28]) beschrieb die Combination: {010}, {110}, {001}, {100}, {130} und Zwillinge nach {100} sowie nach {001}; Breithaupt[29]) untersuchte die einfache Combination {001}, {010}, {110} und fand für {110} und {1$\bar{1}$0} verschiedene Winkel zu {010}; da dieselben auch von den übrigen stark abweichen, sind sie jedenfalls sehr ungenau.

Die natürlichen Krystalle zeigen als häufigste Formen: {010}, {110}, {001}, {10$\bar{1}$}, {20$\bar{1}$}, {021}, {11$\bar{1}$} und {130}; Zwillinge kommen vor nach {100}, nach {021}, nach {001} u. a. Die Varietäten Adular und Sanidin erscheinen auch unter dem Mikroskope vollkommen einheitlich und besitzen die Eigenschaften einfacher monokliner Krystalle, während im gewöhnlichen Feldspate dies häufig nur teilweise der Fall ist und andererseits feinste Zwillingslamellen nach {010} bis an die Grenze mikroskopischer Sichtbarkeit nachzuweisen sind. Der sogen. Mikroklin besteht ganz aus solchen Zwillingslamellen, und infolgedessen können die Elemente der Mikroklinkrystalle nicht bestimmt werden, weil die Messungen derselben sich nicht auf wirkliche Krystallflächen, sondern auf Scheinflächen beziehen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Hautefeuille: | Hausmann: | Breithaupt: |
|---|---|---|---|---|
| (110) : (1$\bar{1}$0) | = 61° 13′ | 61° 18′ | 61° 11′ | 58° 44′ |
| (110) : (001) | = 67 47 | 67 44 | — | 68 3 |
| ($\bar{1}$01) : (001) | = 50 16½ | 50 0 | — | — |

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen, nach {010} ziemlich vollkommen, nach {110} unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene ⊥ {010}, 1. Mittellinie (für verschiedene Farben stark dispergiert) bildet 3°—7° mit der $a$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$. Brechungsindices natriumarmer natürlicher Krystalle nach Des Cloizeaux:

Für $Na$: $\alpha = 1{,}5190$, $\beta = 1{,}5237$, $\gamma = 1{,}5260$, $2V = 69° 43'$ ber.
$2E$ beob. 120° 22′ rot, 120° 12′ gelb, 118° 37′ blau.

**Kaliumferritrisilicat** (Eisenoxyd-Orthoklas) = $Si_3O_8FeK$.

Hautefeuille und Perrey[30]) erhielten diese Verbindung durch Eintragen von $SiO_2$ und $Fe_2O_3$ in eine Schmelze von Kaliumvanadat und längeres Erhitzen; die bernsteingelben Krystalle zeigen die Orthoklascombination: {001},

27) C. Friedel u. Sarasin, Compt. rend. 1881, 92, 1374. Bull. soc. fr. min. 1881, 4, 171. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 6, 302.
28) Hausmann, Abhandl. Ges. d. Wiss. Göttingen 1856, 4, 411.
29) Breithaupt, N. Jahrb. f. Min. usw. 1836, 47.
30) Hautefeuille u. Perrey, Compt. rend. 1888, 107, 1150. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 18, 328.

{110}, {010}, {10$\bar{1}$}, {20$\bar{1}$}, {201}, {44$\bar{1}$} und sind fast immer Zwillinge, teils nach {100}, teils nach {001} oder endlich nach {021}, im letzteren Falle auch Vierlinge von tetragonalem Habitus; zuweilen auch Zwillingsbildung nach {010}, entsprechend trikliner Symmetrie.

$(110):(1\bar{1}0) = 61^\circ 2'$ beob., $(110):(001) = 67^\circ 16'$ beob.

Ebene der optischen Axen {010}, Mittellinie 7°—8° zur $a$-Axe geneigt.

### Natriumaluminiumchlorosilicat (Marialith) = $Si_9O_{24}ClAl_3Na_4$.

Spec. Gew. 2,54 (nat. Kryst.).

Tetragonal pyramidal.

$a:c = 1:0,443$ ca. G. vom Rath (nat. Kryst.)

Das Mineral bildet Prismen {100}, untergeordnet {110} und {210}, mit den Endflächen {111}, {001} u. a.

Spaltbarkeit nach {100} ziemlich vollkommen.

### Natriumferrifluorotitanosilicat (Narsarsukit) = $Si_{12}Ti_2O_{32}(FeF)Na_6$.

Spec. Gew. 2,75 (nat. Kryst.).

Tetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:0,5235$ Flink (nat. Kryst.).

Die natürlichen Krystalle sind Tafeln {001} mit den Randflächen {110}, {100}, {210}, {111}.

Spaltbarkeit vollkommen nach {110}.

Doppelbrechung positiv, ziemlich schwach. Pleochroïsmus: $\varepsilon$ rotgelb, $\omega$ farblos.

## Silicate, Titanate usw. drei- und zweiwertiger Metalle und deren Hydrate und Halogenverbindungen.

Es ist nur ein einziges Doppelsalz von der Zusammensetzung eines normalen Metasilicates bekannt, d. i. das Mineral Beryll, **Berylliumaluminiummetasilicat** = $Si_6O_{18}Al_2Be_3$, dessen Krystalle das beste Beispiel der dihexagonal-bipyramidalen Symmetrie darstellen.

Unter den Mineralien, welche die empirische Zusammensetzung eines normalen Orthosilicates besitzen, kommt die einfachste Formel $Si_2O_8Al_2Ca$ dem Anorthit zu, dessen Zersetzung jedoch Tschermak[1]) eine Säure von der Beschaffenheit der Metakieselsäure lieferte. Die Constitution dieser Verbindung steht jedenfalls in naher Beziehung zu derjenigen des Albites (S. 269), welcher an Stelle von $AlCa$ die Atomgruppe $SiNa$ enthält, denn beide Mineralien zeigen nicht nur übereinstimmende trikline Formen, sondern sie bilden auch in den verschiedensten Verhältnissen isomorphe Mischungen, die sogen. Plagioklase oder Kalknatronfeldspäte. Das Gleiche gilt für die entsprechende Baryumverbindung $Si_2O_8Al_2Ba$, den Celsian, welcher jedoch die pseudomonokline Form des Orthoklases zeigt und auch mit diesem in isomorpher Mischung in der Natur vorkommt (Hyalophan).

1) Tschermak, Zeitschr. f. phys. Chemie 1905, 53, 363. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 44, 109.

$Si_2O_8Al_2Ba$ und ebenso $Si_2O_8Al_2Sr$ und $Si_2O_8Al_2Pb$ wurden von Fouqué und Michel-Lévy[2]) durch Schmelzen der Bestandteile in mikroskopischen feldspatähnlichen Krystallen erhalten, welche jedoch keine nähere Bestimmung gestatteten, und Schulze und Stelzner[3]) fanden in den Muffeln von Zinkdestillationsöfen einen Plagioklas, welcher jedenfalls reich an Zink war. Mischkrystalle von Albit und Anorthit, entsprechend den in der Natur vorkommenden Mineralien Oligoklas, Andesin und Labradorit, wurden auch mehrfach aus Schmelzen der Bestandteile erhalten, aber nur in mikroskopischen, nicht meßbaren Krystallen, und dasselbe ist der Fall mit den von Fouqué und Michel-Lévy[2]) dargestellten Mischungen von Albit mit Strontium-, Baryum- und Blei-Anorthit. Mit der Mischungsreihe der Kalknatronfeldspäte bietet vielfache Analogien dar die tetragonal krystallisierende Mineralgruppe der Skapolithe, d. i. eine Mischungsreihe, welche ebenso mit einem Natriumaluminiumsilicate, dem S. 269 genannten Marialith, beginnt und mit einem weit basischeren Calciumaluminiumsilicate endigt, dem Mejonit, dessen Zusammensetzung $Si_6O_{25}Al_6Ca_4$ am einfachsten als die eines basischen Orthosilicates $(SiO_4)_6Al_5(AlO)Ca_4$ zu deuten ist. Eine ausgezeichnete isomorphe Gruppe, deren Glieder sämtlich die Zusammensetzung normaler Orthosilicate besitzen, bilden die folgenden, hexakisoktaëdrisch (mit ausgesprochen rhombendodekaëdrischer Structur) krystallisierenden Körper, deren natürliche Repräsentanten als Granate bezeichnet werden:

**Calciumaluminiumorthosilicat** (Grossular) $= Si_3O_{12}Al_2Ca_3$,
**Calciumchromiorthosilicat** (Uwarowit) $= Si_3O_{12}Cr_2Ca_3$,
**Calciumferriorthosilicat** (Topazolith) $= Si_3O_{12}Fe_2Ca_3$,
**Manganoaluminiumorthosilicat** (Spessartin) $= Si_3O_{12}Al_2Mn_3$;

nur in isomorphen Mischungen, den Granatvarietäten Almandin und Pyrop bzw. Spessartin sind bekannt: $Si_3O_{12}Al_2Mg_3$, $Si_3O_{12}Fe_2Mg_3$, $Si_3O_{12}Fe_2Mn_3$, $Si_3O_{12}Al_2Fe_3$ und $Si_3O_{12}Fe_2Fe_3$. Das erste und dritte obiger Kalksilicate bilden die Mischungsreihe des gewöhnlichen Granates, während die weniger verbreiteten Melanite das Calciumferrisilicat darstellen, in welchem ein Teil des Siliciums durch vierwertiges Titan, ein Teil des Eisens durch dreiwertiges Titan ersetzt ist. Mit Sicherheit sind von den genannten Verbindungen der Granatformel krystallisiert dargestellt worden nur das Calciumferrisilicat von Michel[4]) in Rhombendodekaëdern und das Manganoaluminiumsilicat von Gorgeu[5]) in Ikositetraëdern. Auffallenderweise erhielt Tschermak[1]) (l. c. 365) aus dem Grossular und aus einigen noch

2) Fouqué u. Michel-Lévy, Compt. rend. 1880, **90**, 620. Bull. soc. fr. min. **3**, 124. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 497.

3) Schulze u. Stelzner, N. Jahrb. f. Min. usw. 1881, **1**, 152. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **7**, 603.

4) Michel, Compt. rend. 1892, **115**, 830. Bull. soc. fr. min. **15**, 254. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**, 616.

5) Gorgeu, Compt. rend. 1883, **97**, 1303. Bull. soc. fr. min. **6**, 283. Ann. chim. phys. 1885, (6) **4**, 536. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 645.

basischeren Calciumaluminiumsilicaten eine Säure von der Zusammensetzung $Si_3O_8H_4$, und es ist daher ein Zweifel an der Berechtigung, aus der Natur der bei der Zersetzung solcher Verbindungen entstehenden amorphen Kieselsäuren auf die Constitution der krystallisierten Silicate zu schließen, nicht zu unterdrücken. Als Lagoriolith bezeichnet Morozewicz[6]) aus dem Schmelzflusse erhaltene kubische Krystalle von der Zusammensetzung eines Grossulars, in welchem mehr als die Hälfte des *Ca* durch $Na_2$ ersetzt ist, und die Existenz eines dadurch angedeuteten »Natriumgranates« ist deshalb von Interesse, weil man den S. 267 erwähnten Sodalith auffassen kann als Grossular, in welchem zwei *Ca*-Atome durch $4Na$ und das dritte durch die zweiwertige Atomgruppe $Al—Cl$ vertreten werden.

Als saure Orthosilicate können betrachtet werden der rhombische Prehnit $= Si_3O_{12}Al_2Ca_2H_2$ und der ebenfalls rhombische Harstigit, eine isomorphe Mischung von der ungefähren Zusammensetzung $Si_{10}O_{40}Al_3(Ca, Mn)_{12}H_7$.

Ferner stehen den Orthosilicaten in der Zusammensetzung sehr nahe die folgenden Mineralien: der tetragonale Idokras (Vesuvian), eine sehr compliciert zusammengesetzte Mischung, für welche z. T. die Formel $Si_2O_7AlCa_2(OH)$, z. T. $Si_5O_{20}Al_2.Al(OH, F)Ca_6$ angenommen wird, wobei aber mannigfache isomorphe Vertretungen vorliegen. Sicher festgestellt ist dagegen die Formel der beiden im Verhältnisse der Polysymmetrie zu einander stehenden Mineralien Zoisit (rhombisch) und Klinozoisit (monoklin) $= Si_3O_{12}Al_3(OH)Ca_2$; weit verbreiteter als diese ist die isomorphe Mischung mit der entsprechenden Ferriverbindung[7]), der Epidot (Pistazit); dieser und ebenso die derselben isomorphen Gruppe angehörigen Mineralien Hancockit $= Si_3O_{12}(Al, Fe)_3(OH)(Ca, Pb, Sr, Mn)_2$, Piemontit (Mangan-Epidot) $= Si_3O_{12}(Mn, Al)_3(OH)Ca_2$ und Orthit (Allanit) $= Si_3O_{12}(Al, Ce, Fe)_3(OH)Ca_2$ sind nur in der monoklinen Form bekannt. Analog, wie die Mineralien der eben besprochenen Gruppe als Orthosilicate aufgefaßt werden können, in welchen eine Valenz der dreiwertigen Metalle durch Hydroxyl gesättigt ist, kann auch die Formel des rhombisch krystallisierenden Liëvrit (Ilvaït) geschrieben werden: $Si_2O_8(Fe.OH)Fe_2Ca$; in diesem Minerale ist nur das erste Eisenatom dreiwertig, die beiden anderen zweiwertig und zuweilen durch nicht unerhebliche Mengen Mangan vertreten. Endlich muß auch wohl der weit einfacher zusammengesetzte, monokline Euklas als basisches Orthosilicat $SiO_4(Al.OH)Be$ betrachtet werden.

Außer den genannten gibt es unter den Mineralien noch eine große Reihe von Silicaten zwei- und dreiwertiger Metalle, deren Constitution nicht mit ähnlicher Wahrscheinlichkeit, wie die der vorhergehenden, auf eine der bekannten einfachen Kieselsäuren zurückgeführt werden kann. Einige der-

6) Morozewicz, Tschermaks min. u. petr. Mitteil. 1899, **18**, 147. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **33**, 506.

7) Von welcher eine kleine Menge auch im Zoisit und Klinozoisit vorhanden ist.

selben enthalten auch Alkalien, nämlich der pseudohexagonale Milarit, dessen Zusammensetzung der Formel $Si_{12}O_{30}Al_2Ca_2KH$ entspricht, und der rhombische Guarinit = $Si_2O_9Al_2(Ca, Na_2)_2$. Die übrigen sollen im folgenden, im wesentlichen nach abnehmendem Kieselsäuregehalte geordnet, aufgezählt werden. Gehlenit = $Si_2O_{10}Al_2Ca_3$ krystallisiert tetragonal (über die Beziehungen dieses Minerales zu dem Melilith und den sogen. Melilithschlacken s. S. 254). Cordierit ist eine isomorphe Mischung, für welche die Formel: $Si_{10}O_{37}Al_8(Mg, Fe)_4H_2$ angenommen wird, deren rhombische Krystalle sich aber auch aus gewissen Silicatschmelzflüssen zu bilden scheinen ($H$?). Der Barylith = $Si_7O_{24}Al_4Ba_4$ besitzt eine rhombische Krystallform, von der jedoch nur das Verhältnis $a : b = 0{,}408 : 1$ bekannt ist. Der rhombisch krystallisierte Cerit hat die Zusammensetzung $Si_3O_{13}Ce_3(Ca, Fe)H_3$. Unzweifelhaft isomorph sind die beiden Mineralien Kentrolith = $Si_3O_{15}Mn_4Pb_3$ und Melanotekit $Si_3O_{15}Fe_4Pb_3$. Ebenfalls rhombisch krystallisiert der Lawsonit = $Si_2O_{10}Al_2CaH_4$. Der monokline Gadolinit hat die Zusammensetzung $Si_2O_{10}Y_2Be_2Fe$, worin aber unter $Y$ die verschiedenen Yttrium- und Ceriummetalle zusammengefaßt sind; noch nicht sicher festgestellt ist die Zusammensetzung eines anderen Minerals mit denselben seltenen Erden, des monoklin krystallisierten Hellandit, wahrscheinlich $Si_4O_{25}(Al, Mn, Fe)Y_3Ca_2H_6$; kleine Mengen $Zr$ enthält das ebenfalls hierhergehörige kubische Mineral Beckelith = $Si_3O_{15}(Ce, Di)_4Ca_3$. Die Formel $Si_2O_{13}Al_5FeH$ kommt dem rhombischen Staurolith zu, in welchem jedoch ein kleiner Teil des $Al$ durch $Fe'''$ und des $Fe''$ durch $Mg$ ersetzt ist. Den Glimmern stehen durch ihre pseudohexagonale Krystallform und vollkommene Spaltbarkeit nahe die Mineralien der Gruppen der Sprödglimmer und der Chlorite, welche sich jedoch von jenen durch den Mangel an Alkalien und durch ihre weit basischere Zusammensetzung unterscheiden; es handelt sich hier aber nicht um bestimmte chemische Verbindungen, sondern um Mischungen noch unbekannter Grundverbindungen mit verschiedenem Kieselsäuregehalte; unter ihnen treten in gut bestimmbaren monoklinen Krystallen auf: Xanthophyllit (Waluëwit), etwa $Si_5O_{52}Al_{16}(Mg, Ca)_{14}H_8$ und Klinochlor = $Si_3O_{18}Al_2Mg_5H_8$ circa. Zu erwähnen wäre ferner hier das hypothetische Tschermaksche Silicat $SiO_6Al_2(Mg, Fe)$ bzw. $SiO_6Fe_2(Mg, Fe)$, dessen Existenz zur Erklärung der Zusammensetzung der thonerde- und eisenoxydhaltigen Mineralien der Pyroxen- und der Amphibolgruppe (s. S. 231) angenommen wird. Es sind dies: der grüne (Fassaït, Diallag) und der schwarze Augit, welche mit dem Diopside isomorph sind und deren Analysen nach Abrechnung des Diopsidsilicates einen Rest von obiger Zusammensetzung ergeben, ferner die mit dem Tremolit isomorphen grünen und schwarzen Hornblenden, deren Zusammensetzung in analoger Weise einer Mischung des Tremolitsilicates mit $SiO_6Al_2Mg$ entspricht. Während in den hierher gehörigen Mineralien, deren Kieselsäuregehalt mit steigendem Gehalte an $Al_2O_3$ bzw. $Fe_2O_3$ abnimmt, meist das Metasilicat vorherrscht, hat Morozewicz[6]) (l. c. 116) aus einer Silicatschmelze einen nach seinen optischen Eigenschaften monoklinen

Pyroxen erhalten, dessen Zusammensetzung einer Mischung mit 73 % $SiO_6(Fe, Al)_2(Ca, Mn, Mg, Na_2, Fe)$ entsprach. Einen Thonerde- und Eisenoxydgehalt, verbunden mit geringerer Menge Kieselsäure, zeigen ferner sowohl rhombischer Pyroxen (Enstatit), welcher von Demselben (l. c. 110) dargestellt worden ist, als auch natürliche rhombische Amphibole (Gedrit), und dieses chemisch analoge Verhalten der rhombischen und der monoklinen Glieder dieser beiden Gruppen spricht ebenfalls dafür, daß dieselben zu einander im Verhältnisse der Polysymmetrie stehen. Thonerde- und eisenoxydhaltige Pyroxene sind mehrfach in erstarrten Schlacken von der Zusammensetzung natürlicher vulkanischer Gesteine beobachtet worden, dagegen ist die Darstellung eines Amphiboles noch nicht gelungen; ebenso finden sich häufig in Schlacken Krystalle von der Form des Augites, nach einigen Angaben auch solche mit dem Prisma der Hornblende, doch existiert keine genaue Untersuchung über derartige Krystalle. Das basischste unter allen natürlichen Silicaten, deren Krystallform man kennt, ist der rhombische Sapphirin, welcher nach der Formel $Si_2O_{27}Al_{12}Mg_5$ zusammengesetzt ist, und dessen Constitution, ebenso wie die einer Anzahl der vorher erwähnten Mineralien, nicht als die eines basischen Silicates erklärt werden kann; es handelt sich hier vielmehr um Verbindungen von kieselsauren Salzen mit Aluminaten oder um Salze von complexen Alumokieselsäuren.

Während die Mehrzahl der genannten Körper noch nicht auf künstlichem Wege dargestellt worden ist, liegen umgekehrt Angaben über einige basische Alumosilicate vor, welche bisher in der Natur nicht gefunden wurden. Das **Calciumaluminiumsilicat** $Si_7O_{35}Al_2Ca_{18}$ mit einer wahrscheinlich mechanischen Beimengung von $2CaS$ wurde als zufälliges Product der Sodafabrikation in tetragonalen Krystallen beobachtet, und ein noch basischeres Silicat von der Zusammensetzung $SiO_7Al_2Ca_2$ erhielt Weyberg[8]) beim Schmelzen von Kaolin mit wenig $CaBr_2$; die mikroskopischen Krystalle der letzteren Substanz sind optisch negative, tetragonale Combinationen {110} {001} und deshalb von besonderem Interesse, weil sie nach den neuerdings von Weyberg an ihnen beobachteten Ätzfiguren der tetragonal-bisphenoidischen Symmetrieklasse angehören, von welcher bisher noch kein Repräsentant nachgewiesen worden war. Durch Schmelzen von Kaolin mit größeren Mengen $CaCl_2$ bzw. $CaBr_2$ stellte Weyberg ferner einfachbrechende Tetraëder dar, welche ungefähr die Zusammensetzung $Si_3O_{21}Cl_4Al_6Ca_8$ bzw. $Si_5O_{46}Br_8Al_{16}Ca_{16}$ hatten; darnach ist das erstere Präparat identisch mit einem auf dieselbe Art von Gorgeu[9]) dargestellten.

Endlich gehört zu den kieselsauren Doppelsalzen drei- und zweiwertiger Metalle noch die Mehrzahl der sogenannten Zeolithe, Hydrate von Silicaten, deren Wassergehalt meist sehr leicht, ohne wesentliche Veränderung

8) Weyberg, Centralbl. f. Min. usw. 1904, 729. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 43, 624.
9) Gorgeu, Bull. soc. chim. Paris 1887, 48, 51. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 14, 606.

der Krystallstructur, abgegeben wird und z. T. sogar von dem Dampfdrucke der umgebenden Luft abhängt, andererseits aber auch leicht in feuchter Luft wieder aufgenommen wird bzw. durch andere flüchtige Körper, wie Schwefelwasserstoff, Kohlendioxyd, Alkohol usw., ersetzt werden kann. Unter diesen ist der basischste der rhombisch krystallisierte Thomsonit, eine isomorphe Mischung von der Formel $Si_2O_8Al_2(Ca, Na_2).2\frac{1}{3}H_2O$, hat also die Zusammensetzung des Hydrates eines Anorthit (S. 275), in welchem wechselnde Mengen von $Ca$ durch $Na_2$ ersetzt sind. Der Skolezit, dessen empirische Formel $= Si_3O_{10}Al_2Ca.3H_2O$, ist unzweifelhaft isomorph mit dem Natrolith (S. 268), mit dem er in wechselnden Mengen gemischt in den sogen. Mesolithen auftritt; betrachtet man den letzteren als basisches Metasilicat $Si_3O_9Al(AlO)Na_2.2H_2O$, so würde eine Analogie der Constitution beider Körper hervortreten durch die Skolezitformel $Si_3O_9Al(Al.2OH)Ca.2H_2O$, für welche auch der Umstand spricht, daß ein Teil des Wassers erst bei starkem Glühen abgegeben wird. Während der Skolezit monoklin krystallisiert, bildet die analoge Baryumverbindung, der seltene Edingtonit $= Si_3O_{10}Al_2Ba.3H_2O$, rhombische Krystalle, deren $a:b:2c$ sehr nahe $= a:b:c$ des Skolezit. Ein Manganzeolith ist der monokline Ganophyllit $= Si_8O_{26}Al_2Mn_7.6H_2O$. Die Formel des Epistilbit ist noch nicht sicher festgestellt; sie ist jedenfalls sehr wenig verschieden von derjenigen des Heulandit $= Si_6O_{16}Al_2Ca.5H_2O$; beide Mineralien krystallisieren monoklin und zeigen einige Beziehungen ihrer Formen, sind aber unzweifelhaft verschiedene Körper; denen des Heulandit sehr ähnliche Elemente besitzt der Brewsterit, eine isomorphe Mischung von der Zusammensetzung $Si_6O_{16}Al_2(Sr, Ba).5H_2O$. Während es sehr wahrscheinlich ist, daß in diesen Mineralien ein Teil des Wassers dem Silicatmoleküle angehört, hat man es bei den folgenden jedenfalls mit Hydraten von Feldspatsilicaten zu tun; der Desmin hat nämlich in gewissen Varietäten die Zusammensetzung $Si_6O_{16}Al_2Ca.6H_2O$, d. i., abgesehen vom Wassergehalte, die eines Albites mit $Ca$ für $2Na$, in anderen die einer Mischung dieses Silicates mit $Si_4O_{16}Al_4Ca_2.6H_2O$, d. i. Anorthit + Wasser; an letzterem reichere Mischungen bilden den Phillipsit, welcher außerdem auch Alkalien an Stelle des $Ca$ in größeren Mengen enthält, und dieselbe wechselnde Zusammensetzung, aber $Ca$ z. T. bzw. ganz durch $Ba$ ersetzt, zeigen Wellsit bzw. Harmotom. Alle diese Mineralien krystallisieren in monoklinen Formen, welche in den Winkeln, Zwillingsverwachsungen und Cohäsionsverhältnissen eine unverkennbare Verwandtschaft mit den Mineralien der Feldspatgruppe erkennen lassen. Eine ähnliche wechselnde Zusammensetzung wie der Phillipsit, aber mit 8 Mol. $H_2O$, zeigen die pseudotrigonal krystallisierenden Mineralien Chabasit und Gmelinit, von denen ersterer wesentlich die $Ca$-, letzterer die $Na$-Verbindung darstellt; daß auch diese Substanzen in naher Beziehung zu den Feldspäten stehen, zeigt die Beobachtung von Dölter[10]), daß Chabasit geschmolzen

10) Dölter, N. Jahrb. f. Min. usw. 1890, **1**, 124. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 152.

Anorthitkrystalle liefert; es gelang auch die Darstellung solcher durch Umkrystallisieren aus $CO_2$ und Wasser und durch directe Synthese aus den Bestandteilen. Besonders leicht gibt einen Teil seines Wassergehaltes ab der monoklin krystallisierende Laumontit = $Si_4O_{12}Al_2Ca.4H_2O$.

### Berylliumaluminiummetasilicat = $Si_6O\ Al_2Be_3$
(nat. Beryll).

Spec. Gew. 2,6—2,7 (nat. Kryst.).
Dihexagonal bipyramidal.

$a:c = 1:0,4989$ Kokscharow (nat. Kryst.).

Hautefeuille und Perrey[11]) erhielten durch längeres Erhitzen von $SiO_2$, $Al_2O_3$ und $BeO$ in einer Schmelze von Lithiummolybdat oder Lithiumvanadat kurze hexagonale Prismen mit Basis, andere Flächen nur untergeordnet; Zusatz von Chromoxyd lieferte grüne Krystalle (Smaragd). Traube[12]) fällte Beryllium- und Aluminiumsulfatlösung mit Natriumsilicat und erhitzte den getrockneten Niederschlag nach Ebelmens Verfahren mit Borsäure im Porzellanofen; dabei bildete sich Beryll in hexagonalen Tafeln und Prismen.

Die natürlichen Krystalle zeigen außer den gewöhnlichsten Formen $\{10\bar{1}0\}$ und $\{0001\}$ nicht selten $\{10\bar{1}1\}$, $\{11\bar{2}1\}$ und $\{11\bar{2}0\}$.

Spaltbarkeit nach $\{0001\}$ unvollkommen.

Die Brechungsindices natürlicher Krystalle, welche mit steigender Temperatur stark zunehmen, sind nach Offret bei 20°:

$\omega = 1,57098\ (Li),\ 1,57404\ (Na),\quad \varepsilon = 1,56605\ (Li),\ 1,56903\ (Na).$

Die natürlichen Krystalle zeigen häufig optische Anomalien.

Thermische Ausdehnungscoëfficienten nach Fizeau: ‖ der Axe — 0,00000106, ⊥ zur Axe 0,00000137. Die Elasticitätsconstanten des Beryll sehr vollständig gemessen von Voigt.

### Calciumaluminiumorthosilicat (Anorthit) = $Si_2O_8Al_2Ca$.

Spec. Gew. 2,77 Friedel[13]), 2,74—2,76 (nat. Kryst.).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,6353:1:0,5504$ Beckenkamp (nat. Kryst.).
$\alpha = 93°8'$, $\beta = 115°53'$, $\gamma = 91°15'$.

Fouqué und Michel-Lévy[14]) erhielten durch Zusammenschmelzen der Bestandteile und längeres Erhitzen ein Aggregat von Kryställchen, welche teils nach den Kanten $\{001\}:\{010\}$ verlängert, teils nach $\{010\}$ tafelförmig waren und Zwillinge nach $\{010\}$ oder $\{021\}$ bildeten. Anorthitkrystalle beobachtete ferner Des Cloizeaux in der Schmelze von Vesuvian und von Granat, Dölter in der Schmelze verschiedener Zeolithe, Velain in Gläsern von Pflanzenaschen. Mallard in den Schlacken eines Kohlenbrandes, Meunier in feuerfesten Steinen von Gasöfen, aber alle diese nicht genau meßbaren Krystalle sind nicht analysiert worden, so daß es zweifelhaft ist, ob die reine Calciumaluminium-

11) Hautefeuille u. Perrey, Compt. rend. 1888, **106**, 1800. Ann. chim. phys. 1890, (6) **20**, 447. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 327; **21**, 306.

12) Traube, N. Jahrb. f. Min. usw. 1894, **1**, 275. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **26**, 648.

13) C. u. G. Friedel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 233. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 261.

14) Fouqué u. Michel-Lévy, Compt. rend. 1878, **87**, 700, 779. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **8**, 441.

verbindung vorlag. Vogt[15]) beschrieb polysynthetische Zwillinge in einer Schlacke, deren Zusammensetzung mit derjenigen des Anorthit nahe übereinstimmt. Angenähert meßbare Krystalle erhielten C. und G. Friedel[13]) durch Behandeln von Muscovit mit $CaCl_2$- und $CaO$-Lösung bei 500°; Combination: {001}, {010}, {20$\bar{1}$}, {110}; (110):(001) = 65¼°, ($\bar{2}$01):(001) = 82°.

Die natürlichen Krystalle zeigen ähnliche Combinationen wie Albit, sind aber oft sehr flächenreich und mannigfach ausgebildet. Zwillinge nach {010} und nach anderen auch beim Albit vorkommenden Gesetzen.

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen, nach {010} ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ. Nach Fouqué bildet:

die 1. Mittellinie mit ⊥{001} 53¼°, mit ⊥{010} 58°, mit ⊥{$\bar{2}$01} 45⅔°
» 2. » » » » 35½°, » » » 51°, » » » 89½°.

Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1{,}5756$, $\beta = 1{,}5835$, $\gamma = 1{,}5885$ (Klein).

Die thermische Ausdehnung wurde von Beckenkamp und Hecht untersucht.

### Baryumaluminiumorthosilicat (Celsian) = $Si_2O_8Al_2Ba$.

Spec. Gew. 3,384 (nat. Kryst.).

Pseudomonoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}657:1:0{,}554$; $\beta = 115°2'$ Strandmark (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt vorherrschend die gewöhnlichen Formen des Orthoklas {010}, {110}, {001}, {20$\bar{1}$} und auch die gleichen Zwillingsbildungen.

Spaltbarkeit {001} vollkommen, {010} ziemlich vollkommen, {110} unvollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}; die 1. Mittellinie bildet 28° mit der $a$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; für $Na$: $\alpha = 1{,}584$, $\beta = 1{,}589$, $\gamma = 1{,}594$; $2V = 86°22'$.

### Mejonit = $Si_6O_{25}Al_6Ca_4$.

Spec. Gew. 2,76 (nat. Kryst.).

Tetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:0{,}4393$ Kokscharow (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet Prismen {100} mit {110}, {210}, {111}, {101}, {311} u. a. Formen.

Spaltbarkeit nach {100} ziemlich vollkommen, nach {110} unvollkommen.

Brechungsindices für $Na$: $\omega = 1{,}565$, $\varepsilon = 1{,}546$ Kohlrausch.

### Calciumaluminiumhydroorthosilicat (Prehnit) = $Si_3O_{12}Al_2Ca_2H_2$.

Spec. Gew. 2,8—2,9 (nat. Kryst.).

Rhombisch pyramidal.

$a:b:c = 0{,}8420:1:1{,}1272$ Beutell (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet scheinbar bipyramidale Krystalle mit den Formen {001}, {110}, {031}, {111}, {331} u. a., welche durch ihre pyroëlektrische Polarität nach der $a$-Axe sich als Zwillinge nach {100} erweisen.

Spaltbarkeit nach {001} ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}, $c$ 1. Mittellinie. Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1{,}616$, $\beta = 1{,}626$, $\gamma = 1{,}649$; $2V = 69½°$, $2E = 128½°$.

15) Vogt, Arch. Math. og Naturvid. Christiania 1890, **13**, 392. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 172.

### Calciumaluminiumhydroxyorthosilicat = $Si_3O_{12}Al_3(OH)Ca_2$.

Spec. Gew, 3,34—3,37 (nat. Kryst.).

a. **Zoisit:** Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 2,9158:1:1,7900$ Weinschenk (nat. Kryst.).

b. **Klinozoisit, Epidot:** Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,8914:1:1,8057$; $\beta = 98^\circ 57'$ Kokscharow (nat. Kryst.).

Die monoklinen Krystalle zeigen vorherrschend $\{101\}$ und $\{10\bar{1}\}$, an den Enden $\{111\}$, $\{11\bar{1}\}$ und $\{210\}$ und sind häufig Zwillinge nach $\{100\}$; sie spalten nach $\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $\{100\}$ ziemlich vollkommen. Der rhombische Zoisit erscheint prismatisch nach $\{101\}$ mit den Endflächen $\{111\}$ und $\{210\}$, seine Form entspricht vollkommen einem Aufbau aus Zwillingslamellen der monoklinen Krystalle nach $\{100\}$ und dementsprechend spaltet er vollkommen nach dieser Ebene.

Doppelbrechung positiv; in den monoklinen Krystallen ist die Axenebene $\{010\}$ und die 1. Mittellinie nahe $\perp\{100\}$; in den rhombischen Krystallen ist die Axenebene $\{100\}$ und Axe $c$ 1. Mittellinie, doch finden sich in denselben auch Partien mit schwächerer Doppelbrechung, deren Axenebene $\{010\}$ ist. Brechungsindices und Axenwinkel werden stark beeinflußt durch den stets vorhandenen Eisengehalt der natürlichen Krystalle.

### Calciumferroferrihydroxyorthosilicat (Lièvrit) = $Si_2O_8(Fe.OH)Fe_2Ca$.

Spec. Gew. 4,03 (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6620:1:0,4390$ Flink (nat. Kryst.).

Prismen $\{110\}$, $\{120\}$ usw.; meist mit den Endflächen $\{111\}$, $\{101\}$.

Spaltbarkeit nach $\{010\}$ und $\{001\}$ unvollkommen.

Ebene der optischen Axen $\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $c$. Nur für Schwingungen $\parallel a$ braungelb durchsichtig.

### Berylliumaluminiumhydroxyorthosilicat (Euklas) = $SiO_4(Al.OH)Be$.

Spec. Gew. 3,09—3,11 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,3237:1:0,3332$; $\beta = 100^\circ 16'$ Schabus (nat. Kryst.).

Das seltene Mineral bildet z. T. sehr flächenreiche Krystalle, an denen $\{110\}$, $\{120\}$ und an den Enden $\{111\}$, $\{\bar{1}31\}$ vorherrschen.

Spaltbarkeit nach $\{010\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe ca. $41^\circ$ im stumpfen Winkel $\beta$; für Gelb nach Des Cloizeaux: $\alpha = 1,6520$, $\beta = 1,6553$, $\gamma = 1,6710$; $2V = 49^\circ 37'$, $2E = 87^\circ 59'$, Dispersion $\varrho > v$.

### Gehlenit = $Si_2O_{10}Al_2Ca_3$.

Spec. Gew. 3,0—3,1.

Tetragonal. $a:c = 1:0,4006$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Quadratische Tafeln $\{001\}$, $\{100\}$, selten mit $\{111\}$ u. a. Formen.

Spaltbarkeit nach $\{001\}$ unvollkommnen.

Doppelbrechung negativ, schwach.

**Kentrolith** $= Si_2O_{11}Mn_4Pb_2$.

Spec. Gew. 6,07 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}6328:1:0{,}8988$ Flink (nat. Kryst.).

Prismen {110} mit {100}, {111} und {221}.

**Melanotekit** $= Si_2O_{11}Fe_4Pb_2$.

Spec. Gew. 5,845 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}6338:1:0{,}9126$ Warren (nat. Kryst.).

Gewöhnliche Combination: {110}, {010}, {111}.

**Lawsonit** $= Si_2O_{10}Al_2CaH_4$.

Spec. Gew. 3,084 (nat. Kryst.).
Rhombisch.

$a:b:c = 0{,}6652:1:0{,}7385$ Ransome und Palache (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet Prismen {110} mit {010}, {001} und {011}.

Spaltbarkeit nach {010} vollkommen, {001} ziemlich vollkommen, {110} unvollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}, $c$ 1. Mittellinie; für $Na$: $\alpha = 1{,}665$, $\beta = 1{,}669$, $\gamma = 1{,}684$, $2V = 84^\circ$; Dispersion schwach, $\varrho > v$.

**Gadolinit** $= Si_2O_{10}Y_2Be_2Fe$.

Spec. Gew. 4,3—4,4 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}6273:1:1{,}3215$; $\beta = 90^\circ 33\frac{1}{2}'$ Eichstädt (nat. Kryst.).

Flächenreiche Combinationen von {110}, {11$\bar{1}$}, {111}, {011}, {012}, {001} u. a. Formen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}, 1. Mittellinie nahe parallel der $c$-Axe; $2V = 85\frac{1}{2}^\circ$ ($Na$); $\varrho < v$.

**Staurolith** $= Si_2O_{12}Al_4FeH$.

Spec. Gew. 3,71 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}4723:1:0{,}6804$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt vorherrschend {110}, {010}, {001}, {101} und bildet häufig Zwillinge nach {232} und {032}.

Spaltbarkeit nach {010} deutlich.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {100}, 1. Mittellinie Axe $c$; Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1{,}736$, $\beta = 1{,}741$, $\gamma = 1{,}746$; $2V = 88\frac{3}{4}^\circ$ für Rot, $\varrho < v$.

**Calciumaluminiumsilicat** $= Si_7O_{32}Al_4Ca_{18}$.

Spec. Gew. 3,05 Rammmelsberg[16]).
Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:0{,}5832$ Rammelsberg[16]).

16) Rammelsberg, Journ. f. prakt. Chemie 1887, (2) 35, 97. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 15. 115.

In einem Rohsodaschmelzofen gebildete Krystalle dieser mit $CaS$ gemengten Substanz zeigen die Formen: $m\{110\}$ vorherrschend, $o\{111\}$, $a\{100\}$ und zuweilen $n\{520\}$ und eine ditetragonale Bipyramide zwischen $o$ und $a$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *50° 30′ |
| $o:a = (111):(100) =$ | 63° 16′ | *63 25 |
| $n:a = (520):(100) =$ | 21 48 | 22 30 |

### Skolezit = $Si_3O_{10}Al_2Ca.3H_2O$.

Spec. Gew. 2,256 (nat. Kryst.).
Monoklin domatisch.

$a:b:c = 0,9764:1:0,3434$; $\beta = 90° 42'$ Flink (nat. Kryst.).

Dölter[10] (l. c. 136) erhielt aus Skolezitpulver durch Erhitzen mit Wasser auf 150° Nadeln vom Ansehen des Minerales, und nach Lemberg[17] soll Natrolith durch Behandeln mit $CaCl_2$-Lösung in Skolezit umgewandelt werden.

Die natürlichen Krystalle sind prismatische Combinationen von $\{110\}$, $\{\bar{1}10\}$, $\{010\}$ mit den Endflächen $\{111\}$, $\{\bar{1}11\}$ usw. und meist Zwillinge nach $\{100\}$.

Spaltbarkeit nach $\{110\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp\{010\}$, 1. Mittellinie bildet ca. 17° mit der Axe $c$ im stumpfen Winkel $\beta$; $2E = 53° 41'$ rot, $59° 37'$ blau.

Starke polare Pyroëlektricität; $\{110\}$ antilog, $\{\bar{1}10\}$ analog.

### Edingtonit = $Si_3O_{10}Al_2Ba.3H_2O$.

Spec. Gew. 2,776 (nat. Kryst.).
Rhombisch bisphenoidisch.

$a:b:c = 0,9872:1:0,6733$ O. Nordenskiöld (nat. Kryst.).

Combination: $\{110\}$, $\{001\}$, $\{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$ u. a.

Spaltbarkeit nach $\{110\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie $c$; für $Na$: $\alpha = 1,538$, $\beta = 1,549$, $\gamma = 1,554$; $2V = 52° 55'$.

### Ganophyllit = $Si_8O_{28}Al_2Mn_7.6H_2O$.

Spec. Gew. 2,84 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,4130:1:1,8309$; $\beta = 93° 21'$ Hamberg (nat. Kryst.)

Prismen $\{110\}$ mit $\{001\}$ und $\{011\}$.

Spaltbarkeit nach $\{001\}$ höchst vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp\{010\}$, 1. Mittellinie $\perp\{001\}$; für $Na$: $\alpha = 1,7046$, $\beta = 1,7287$, $\gamma = 1,7298$; $2V = 23° 52'$, $2E = 41° 53'$; $\varrho < v$.

### Heulandit = $Si_6O_{16}Al_2Ca.5H_2O$.

Spec. Gew. 2,15—2,25 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,4035:1:0,4293$; $\beta = 91° 25'$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt gewöhnlich die Formen: $\{010\}$, $\{201\}$, $\{20\bar{1}\}$, $\{001\}$, $\{110\}$. Krystalle von ähnlichem Aussehen erhielt Dölter[10] (l. c. 128) durch

---

17) Lemberg, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1876, **28**, 551.

Umkrystallisieren des Mineralpulvers aus kohlensäurehaltigem Wasser bei 170° und durch Erhitzen von Anorthitpulver mit Kieselgel in $CO_2$-haltigem Wasser bei 200°.

Spaltbarkeit nach {010} sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene ⊥{010} und ungefähr parallel {001} mit sehr starker Dispersion; 1. Mittellinie Axe $b$; Axenwinkel sehr schwankend. Für $Na$ fand Gaubert: $\alpha = 1,4998$, $\beta = 1,5003$, $\gamma = 1,5070$, $2V = 31°22'$.

### Desmin = $Si_6O_{16}Al_2Ca \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,1—2,2 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7623:1:1,1940$; $\beta = 129°10'$ Lasaulx (nat. Kryst.).

Scheinbar rhombische Durchkreuzungszwillinge der Combination {010}, {001}, {110} nach {001}.

Spaltbarkeit nach {010} vollkommen, nach {001} unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}; 1. Mittellinie bildet ca. 8° mit der $a$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; für $Na$: $\alpha = 1,494$, $\beta = 1,498$, $\gamma = 1,500$, $2V = 33°$.

### Laumontit = $Si_4O_{12}Al_2Ca \cdot 4H_2O$.

Spec. Gew. 2,3—2,4 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0818:1:0,5896$; $\beta = 99°18'$ Miller (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet Prismen {110}, meist nur {$\bar{2}$01} am Ende.

Spaltbarkeit nach {010} und {110} vollkommen, nach {100} und {$\bar{2}$01} unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}, 1. Mittellinie bildet 65°—70° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; für $Na$: $\alpha = 1,513$, $\beta = 1,524$, $\gamma = 1,525$, $2V = 30°$.

# Stannate, Platinate, Plumbate. Tellurate.

## Oxo- und Sulfostannate, -platinate usw. und -plumbate. Silicostannate.

Die vierwertigen Elemente Zinn, Platin und Blei bilden mit den Alkalien Hydroxysalze von der Formel $Sn(OH)_6K_2$, $Pt(OH)_6K_2$, $Pb(OH)_6K_2$ usw., welche den Chlorosalzen $SnCl_6K_2$, $PtCl_6K_2$, $PbCl_6K_2$ usw. (**1**, 467) entsprechen, jedoch nicht mit ihnen isomorph sind, wenn auch ihre trigonalen Combinationen einige Ähnlichkeit mit der Oktaëderform der letzteren darbieten. Während aber bei den Chlorverbindungen die wasserfreien Natriumsalze nicht bekannt sind, krystallisiert das **Natriumhydroxystannat** $= Sn(OH)_6Na_2$ trigonal, wie das Kaliumsalz, weicht aber in seinen Ele-

menten so erheblich von diesem ab, daß man es nicht als isomorph damit betrachten kann; seine Form ist vielmehr eine pseudohexaëdrische, diejenige des Kaliumsalzes eine pseudooktaëdrische. Dagegen sind zweifellos isomorph die Salze: **Kaliumhydroxystannat** $= Sn(OH)_6K_2$, **Kaliumhydroxyplatinat** $= Pt(OH)_6K_2$ und **Kaliumhydroxyplumbat** $= Pb(OH)_6K_2$, wie sowohl aus der Übereinstimmung ihrer Formen, als auch daraus hervorgeht, daß nach Bellucci und Paravano[1]) die übersättigte Lösung des Bleisalzes durch Impfen mit der Zinn- oder Platinverbindung zur Krystallisation gebracht wird; von dem Plumbate und Platinate erzielte Bellucci besonders gut meßbare Krystalle durch Fortwachsen eines kleinen Krystalles von Stannat in deren Lösung. Ob dem Plumbate auch die Krystalle angehörten, welche Geuther[2]) durch Einwirkung von Sauerstoff auf eine Lösung von $PbO$ in schmelzendem $KOH$ erhielt, dünne hexagonale Täfelchen mit den Randflächen $\{10\bar{1}\}$ und $\{\bar{2}11\}$, ist zweifelhaft.

Das einzige gemessene Salz der Ruthensäure ist das **Kaliumruthenat-Monohydrat** $= RuO_4K_2 . H_2O$, welches rhombisch krystallisiert.

Von den Sulfostannaten der einwertigen Metalle ist in großen monoklinen Krystallen bekannt das **Natriumorthosulfostannat-Dodekahydrat** $= SnS_4Na_4 . 12H_2O$.

Unter den Sulfoplatinaten kennt man auch solche, deren Schwefelatome durch Schwefelketten ersetzt sind; zu den Verbindungen dieser Art gehört das tetragonal krystallisierende **Ammoniumiridiumpolysulfid** $= Ir(S_5)_3(NH_4)_3$.

Von zweiwertigen Metallen ist eine Reihe von Stannaten und Sulfostannaten dargestellt worden, doch liegt von keinem dieser Körper eine krystallographische Bestimmung vor; auch die Krystallform der hierher gehörigen Mennige, des Bleiorthoplumbates, $PbO_4Pb_2$, ist unbekannt; dieselbe bildet nach Michel[3]) orangerote Prismen mit paralleler Auslöschung. Dagegen existieren Angaben über zwei Silicostannate: Bourgeois[4]) erhielt durch Schmelzen von $SiO_2$ und $SnO_2$ mit einem Überschusse von $CaCl_2$ neben anderen Verbindungen mikroskopische Krystalle von der Form der Combination $\{110\}$, $\{221\}$, $\{111\}$ des Titanit (S. 257) und von der Zusammensetzung $SiSnO_5Ca$; spec. Gew. 4,34; Doppelbrechung schwächer als Titanit; Auslöschungsschiefe auf $\{010\}$ 38°; großer Axenwinkel. Die zweite hierher gehörige Verbindung ist das seltene Mineral Stokesit, dessen empirische Formel $= Si_3SnO_{11}CaH_4$ derjenigen des Katapleït $Si_3ZrO_{11}Na_2H_4$ (S. 256) analog ist; die rhombische Krystallform des Stokesit zeigt jedoch keine Beziehung zu derjenigen des letztgenannten Minerals.

1) Bellucci u. Paravano, Rendic. Acc. Lincei, Rom 1905, (5) **14**, I, 457. Gazz. chim. **35**, II, 509. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1906, **50**, 101.

2) Geuther (Mess. v. Luedecke), Ann. d. Chem. 1883, **219**, 56. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 107.

3) Michel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 56. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 264.

4) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 54. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 609.

### Natriumhydroxystannat = $Sn(OH)_6Na_2$.

Ditrigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 83^\circ 18'$ ($a : c = 1 : 1,447$ Marignac[5]).

Das Salz bildet nach Marignac Krystalle, welche Hexaëdern mit abgestumpften Ecken ähneln, nämlich $r\{100\}$ vorherrschend, combiniert mit $c\{111\}$ und $s\{3\bar{1}\bar{1}\}$; außerdem wurde ein nicht bestimmbares Skalenoëder zwischen $r$ und $s$ beobachtet. Wegen Krümmung der Flächen nur approximativ meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r = (100) : (010) =$ | — | *96° |
| $r : c = (100) : (111) =$ | 59° 6′ | 58°—61° |
| $s : r = (3\bar{1}\bar{1}) : (100) =$ | 22 23 | 20°—22° |

### Kaliumhydroxystannat = $Sn(OH)_6K_2$.

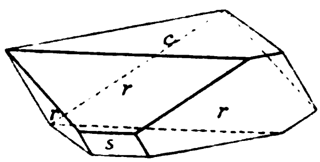
Spec. Gew. 3,197 Ordway[6]).

Ditrigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 70^\circ 1'$ ($a : c = 1 : 1,9588$) Zambonini[7]).

Zuerst von Rammelsberg[8]) als monoklin beschrieben. Marignac[5]) (l. c. 277 bzw. 645) erhielt durch langsames Erkalten der Auflösung einer Schmelze von Ätzkali und Zinnsäure in warmem Wasser rhomboëdrische Combinationen $r\{100\}, c\{111\}, s\{110\}$, zuweilen monoklin-prismatisch verzerrt; die Krystalle waren nur angenähert meßbar; oft Zwillinge nach $r\{100\}$. An den von Bellucci dargestellten Krystallen beobachtete Zambonini folgende Formen: $r\{100\}$ allein, oft nach einem Flächenpaare tafelig; $r\{100\}$, $c\{111\}$ in der gleichen Verzerrung; $r\{100\}$, $c\{111\}$, $s\{110\}$ (Fig. 574); selten $p\{10\bar{1}\}$ in Combination mit $r$, $s$ und $c$; die häufigen Zwillinge nach $r\{100\}$ sind ebenfalls von mannigfach unregelmäßiger Ausbildung.

Fig. 574.




| | Berechnet: | Beobachtet: Zambonini: | Rammelsberg: | Marignac: |
|---|---|---|---|---|
| $r : r = (100) : (010) =$ | — | *104° 45½′ | 103° 32′ | 104° 40′—105° 10′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | 66° 9′ | — | — | 66 20 — 66 30 |
| $s : s = (110) : (101) =$ | 80 40 | — | 80 0 | 80 50 — 81 30 |
| $s : c = (110) : (111) =$ | 48 31 | — | — | 48 30 — 48 50 |
| $r : \underline{r} = (100) : (\bar{1}00) =$ | 29 31 | 29 31½ | — | — |
| $c : \underline{c} = (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) =$ | 47 9 | — | — | 47° 40′ |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark.

### Kaliumhydroxyplatinat = $Pt(OH)_6K_2$.

Ditrigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 69^\circ 11'$ ($a : c = 1 : 1,9952$ Zambonini[7]).

5) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1859, (5) **15**, 280. Oeuvres **1**, 647.
6) Ordway, Amer. Journ. Sc. 1865, (2), **40**, 173.
7) Zambonini, Zeitschr. f. Krystall. 1906, **41**, 53.
8) Rammelsberg, Krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 195.

Das von Bellucci[9]) dargestellte Salz zeigt nach Zambonini nur das Rhomboëder $r\{100\}$.

$$r:r = (100):(010) = {}^{*}105^{\circ}12' \text{ beob.}$$

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ deutlich.
Doppelbrechung positiv. Farbe goldgelb.

### Kaliumhydroxyplumbat = $Pb(OH)_6K_2$.

Ditrigonal skalenoëdrisch.

$$\alpha = 70^{\circ}10\tfrac{1}{2}' \quad (a:c = 1:1{,}9518) \text{ Zambonini}^{7)}.$$

Die Verbindung wurde bereits von Frémy[10]) als trigonal krystallisierend erkannt. Klien beschrieb von Seidel[11]) dargestellte Krystalle irrtümlich als tetragonal. Zambonini untersuchte die von Bellucci und Paravano[1])

Fig. 575.

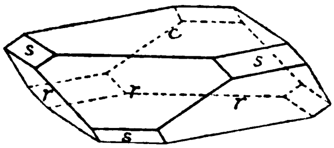
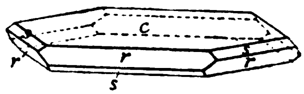


Fig. 576.



dargestellten Krystalle; nach ihm sind die gewöhnlichen Combinationen die von $c\{111\}$, $r\{100\}$ und $s\{110\}$ (Fig. 575 und 576), seltener fehlt letztere Form. Zuweilen Zwillinge nach $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | — | *104° 40¼′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | 66° 4½′ | 66 8 |
| $r:s' = (100):(0\bar{1}\bar{1}) =$ | 65 30¾ | 65 32½ |
| $r:\underline{r} = (100):(\underline{\bar{1}00}) =$ | 29 20½ | 29 16 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ ziemlich deutlich.
Doppelbrechung positiv, stark.

### Kaliumruthenat-Monohydrat = $RuO_4K_2.H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}7935:1:1{,}1973$ Dufet[12]).

Dargestellt von Debray und Joly[13]). Prismatische Krystalle der Combination: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $n\{120\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $s\{104\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *38° 26′ |
| $n:a = (120):(100) =$ | 57° 47′ | 58 0 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 56 28 | 56 0 circa |
| $s:c = (104):(001) =$ | — | *20 40 |

9) Bellucci, Rendic. Soc. chim. Roma 1903, 50. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1905, **44**, 168.

10) Frémy, Ann. chim. phys. 1844, (3) **12**, 488.

11) Seidel (Mess. v. Klien), Journ. f. prakt. Chemie 1879, (2) **20**, 200. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 393.

12) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1888, **11**, 216. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 445.

13) Debray u. Joly, Compt. rend. 1888, **106**, 1497.

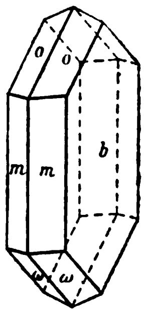
### Natriumorthosulfostannat-Dodekahydrat = $SnS_4Na_4 . 12H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,9030 : 1 : 0,3652; \quad \beta = 92^\circ 5'$ Zirngiebl[14]).

Das Salz wurde zuerst von Kühn dargestellt und in gypsähnlichen Krystallen erhalten. Rammelsberg[15]) beschrieb es als rhombisch krystallisierend. An einem auf anderem Wege von Weinland und Gutmann[14]) erhaltenen Präparate stellte Zirngiebl die monokline Symmetrie fest; er beobachtete, wie Rammelsberg, die Combination (Fig. 577): $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, zuweilen durch Zurücktreten von $\omega$ nach $o$ prismatisch verlängert.

Fig. 577.




| | Berechnet: | Beobachtet: Zirngiebl: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *84° 8′ | 84° 40′ |
| $o : m = (111) : (110) =$ | — | *60 12 | 61 44 |
| $o : b = (111) : (010) =$ | — | *71 29 | 71 0 |
| $\omega : m = (11\bar{1}) : (110) =$ | 62° 26′ | 62 28 | 61 44 |
| $\omega : b = (11\bar{1}) : (010) =$ | 70 58 | 71 4 | 71 0 |
| $\omega' : m = (\bar{1}11) : (110) =$ | 91 28 | 91 35 | — |
| $o : \omega' = (111) : (\bar{1}11) =$ | 41 50 | — | — |
| $o : c = (111) : (001) =$ | 28 15 | — | — |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 29 7 | — | — |

Spaltbarkeit nicht wahrnehmbar, Bruch muschelig.

Ebene der optischen Axen und 1. Mittellinie $\perp b\{010\}$, Axenwinkel groß; eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe $33^\circ$ im spitzen Winkel $\beta$. Doppelbrechung schwach.

### Ammoniumiridiumpolysulfid = $Ir(S_5)_3(NH_4)_3$.

Tetragonal. $a : c = 1 : 0,915$ Steinmetz[16]).

Dargestellt von Hofmann und Höchtlen[16]). Oktaëderähnliche, dunkel braunrote Krystalle der Combination: $o\{111\}$, $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : c = (111) : (001) =$ | — | *52° 18′ |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 68° 2′ | 68 24 |

Keine Spaltbarkeit.

### Stokesit = $Si_3SnO_{11}CaH_4$.

Spec. Gew. 3,185 Hutchinson.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,3463 : 1 : 0,8033$ Hutchinson.

Das Mineral zeigt eine spitze Bipyramide $\{121\}$ mit $\{010\}$, $\{001\}$ u. a. Formen.

Spaltbarkeit nach $\{110\}$ vollkommen, nach $\{010\}$ deutlich.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2V = 69\frac{1}{2}^\circ$, $\varrho < v$. $\alpha = 1,609$, $\beta = 1,6125$, $\gamma = 1,619$ ($Na$).

14) Weinland u. Gutmann (Mess. v. Zirngiebl), Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1898, 17, 416.

15) Rammelsberg, Krystall.-physikal. Chemie, Leipzig 1881, 1, 608.

16) Hofmann u. Höchtlen (Mess. v. Steinmetz), Ber. d. d. chem. Ges. 1904, 37, 247. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 43, 296.

## Tellurate und deren Verbindungen mit Jodaten.

Seiner Stellung im periodischen Systeme der Elemente entsprechend ist das Tellur isomorph mit dem Selen im freien Zustande, ferner mit Selen und Schwefel in den Verbindungen mit Metallen, endlich mit Selen in den Bromosalzen $TeBr_6K_2$ und $SeBr_6K_2$; in der letzteren Gruppe von Verbindungen erscheint Tellur aber auch als isomorpher Vertreter von Zinn, Osmium, Platin und Blei, und eine Beziehung desselben zu den Platinmetallen tritt noch mehr hervor bei den Sauerstoffverbindungen. Die Tellursäure besitzt nämlich nicht die Formel der Schwefelsäure $SO_4H_2$ und der Selensäure $SeO_4H_2$, sondern die Zusammensetzung $Te(OH)_6$, analog der Platinsäure, und bildet mit Kalium ein monoklin krystallisierendes Salz, **Dikaliumtellurat-Trihydrat** $= TeO_6K_2H_4.3H_2O$; es wurde zwar unter der Formel $TeO_4K_2$ eine Verbindung als isomorph mit $SO_4K_2$ beschrieben (s. dieses Salz bei den Sulfaten), aber kein Chemiker konnte eine solche erhalten, vielmehr bildet sich stets das obige wasserhaltige Salz. Aus Lösungen in Kalilauge entstehen nach Retgers[1]) neben demselben Krystalle, welche ungefähr die Zusammensetzung $TeO_6K_2H_4$ haben, und da dem Kaliumosmiate die Formel $OsO_6K_2H_4$ zukommt, so könnte eine Isomorphie zwischen diesen beiden Verbindungen wohl existieren; in der Tat erhielt Retgers aus einer Lösung beider Salze in Kalilauge neben den dunkelrosaroten Pyramiden des Kaliumosmiates braungefärbte Krystalle von Tellurat, da diese aber weder chemisch, noch krystallographisch untersucht wurden und auch die Krystallform des osmiumsauren Kaliums nicht bekannt ist, so ist die Frage der Isomorphie der Tellurate mit den Osmiaten noch völlig ungelöst. Was die Beziehung der ersteren zu den Sulfaten und Selenaten betrifft, so versuchten Norris und Kingman[2]) vergeblich, tellursaure und selensaure Salze von übereinstimmender Formel darzustellen; sie erhielten vom Rubidium außer $TeO_6Rb_2H_4.H_2O$ ein Salz von der Formel $TeO_4RbH.\frac{1}{2}H_2O$ und versuchten Mischkrystalle desselben mit $SeO_4RbH$ darzustellen, jedoch ohne Erfolg; dagegen erhielt Pellini[3]) aus der Lösung äquivalenter Mengen beider Salze Krystalle vom Typus des Selenates mit 50—55% $TeO_4RbH$. Da jedoch von keinem dieser Präparate krystallographische Untersuchungen angestellt worden sind, so bedarf auch diese Frage noch weiterer Erforschung.

Außer an dem obigen Kaliumsalze wurden Messungen bisher nur noch an einem tellursauren Salze angestellt, dem rhombisch krystallisierenden **Diargentotellurat** $= TeO_6Ag_2H_4$. Von demselben Autor (Hutchins, s. S. 292) werden für folgende Salze zwar das Krystallsystem, aber weder Messungen noch optische Untersuchungen angegeben: $TeO_6Hg_3H_3$ mono-

1) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1892, **10**, 533. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**, 419.
2) Norris u. Kingman, Amer. Chem. Journ. 1901, **26**, 318.
3) Pellini, Rendic. Acc. Lincei Rom 1906, (5) **15**, I, 711.

klin, $TeO_6HgH_5.H_2O$ triklin, $TO_6Hg_3$ kubisch (Comb. {110}, {100}, {111}), $TO_6HgH_4$ rhombisch.

Dagegen liegen krystallographische Untersuchungen vor von folgenden Verbindungen tellursaurer Salze mit jodsauren: **Kalium-, Rubidium-** und **Ammoniumjodatotellurat-Dihydrat** = $TeJO_7KH_2.2H_2O$, $TeJO_7RbH_2.2H_2O$ und $TeJO_7(NH_4)H_2.2H_2O$, rhombisch isomorph, **Ammoniumjodatotellurat-Trihydrat** = $TeJO_7(NH_4)H_2.3H_2O$, triklin, und **Kaliumdijodatotellurat-Dihydrat** = $TeJ_2O_{10}K_2H_2.2H_2O$ trigonal.

### Dikaliumtellurat-Trihydrat = $TeO_6K_2H_4.3H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,0080:1:1,3176$; $\beta = 97°15'$ Muthmann.

Das von Staudenmaier[4]) dargestellte Salz bildet nach Muthmann (Privatmitt.) große farblose Krystalle der Combination: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *53° 19' |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *51 9 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *61 53 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 105° 10' | — |
| $q:a = (011):(100) =$ | 85 36 | — |

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ vollkommen.

Doppelbrechung stark, Axenebene $b\{010\}$, durch $c\{001\}$ ein Axenbild sichtbar.

### Diargentotellurat = $TeO_6Ag_2H_4$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,722:1:2,107$ Hutchins[5]).

Combination der Bipyramide $o\{111\}$ mit $q\{011\}$, $c\{001\}$ und einer Form $x$, für welche der Verf. das Symbol {113} angibt, mit dem aber die angeführte Winkelmessung nicht vereinbar ist.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *68° 34' |
| $c:o = (001):(111) =$ | — | *74 20 |
| $c:q = (001):(011) =$ | 64° 37' | 64 31 |
| $c:x = (001):(113) =$ | 50 12 | 76 58 (?) |
| $o:\rho = (111):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 78 6 | 77 25 |

### Kaliumjodatotellurat-Dihydrat = $TeJO_7KH_2.2H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6082:1:0,4707$ Sustschinsky[6]).

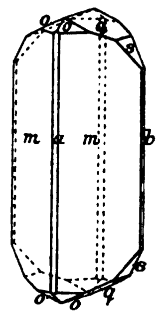
4) Staudenmaier, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1893, **10**, 221. Wahrscheinlich ist die Verbindung, welche Handl (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **32**, 242) als Tellursäure $TeO_6H_6$ gemessen hat, dieses Salz gewesen, wenn auch mit anderen prismatischen Formen, da die Winkel der Zone [010] auffallend übereinstimmen.

5) Hutchins, Journ. Amer. Chem. Soc. 1905, **27**, 1166. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **43**, 303. Die Elemente und die berechneten Winkel wurden von Goßner berechnet, die beobachteten Winkel sind die vom Verf. angegebenen.

6) Sustschinsky, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **35**, 276.

Dargestellt von Weinland und Prause[7]). Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $s\{031\}$, $o\{111\}$ (Fig. 578).

Fig. 578.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *40° 50′ |
| $o:q = (111):(011) =$ | — | *35 0 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 50° 25′ | 50 23 |
| $q:s = (011):(031) =$ | 29 29 | 29 29 |
| $o:s = (111):(031) =$ | 44 31 | 44 29½ |
| $m:o = (110):(111) =$ | 47 50 | 47 48½ |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 62 37 | 63 58 approx. |
| $m:q = (110):(011) =$ | 77 12 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

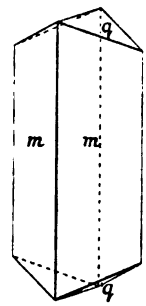
Die Axenebene ist $\{001\}$ und zwar ist die krystallographische Axe $b$ die zweite Bisectrix, die Axe $a$ die erste. Mit einer Platte $\parallel \{010\}$ wurde gemessen: $2H_{0Na} = 107° 50'$ (in $\alpha$-Monobromnaphtalin).

### Rubidiumjodatotellurat-Dihydrat = $TeJO_7RbH_2 \cdot 2H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}6283:1:0{,}4847$ Sustschinsky[6]).

Fig. 579.




Dargestellt von Denselben l. c. 51. Die Krystalle zeigen nur die Formen $m\{110\}$ und $q\{011\}$ (Fig. 579).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *51° 43′ |
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *76 35 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 64° 17′ | 64 6 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

Die optische Orientierung ist dieselbe wie beim Kaliumsalze.

### Ammoniumjodatotellurat-Dihydrat = $TeJO_7(NH_4)H_2 \cdot 2H_2O$.

Spec. Gew. 3,195 Sustschinsky[6]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}6175:1:0{,}4808$ Sustschinsky[6]).

Die ebenfalls von Weinland und Prause (l. c. 52) dargestellten Krystalle zeigen dieselbe Ausbildung wie das isomorphe Kaliumsalz (Fig. 578); gewöhnlich treten nur die Formen $m\{110\}$, $q\{011\}$ und $s\{013\}$ oder $m\{110\}$ und $o\{111\}$ auf, seltener $a\{100\}$ und $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $(111):(1\bar{1}1) =$ | — | *41° 33½′ |
| $(111):(011) =$ | — | *34 58 |
| $(011):(0\bar{1}1) =$ | 51° 18′ | 51 22 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

7) Weinland u. Prause, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1901, 28, 49.

## Ammoniumjodatotellurat-Trihydrat = $TeJO_7(NH_4)H_2 . 3H_2O$.

Fig. 580 a.

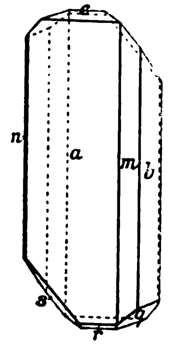
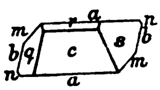


Fig. 580 b.



Spec. Gew. 3,0375 Sustschinsky[6]).
Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 1,6993 : 1 : 0,9864$ Sustschinsky[6]).

$\alpha = 88^\circ 49\tfrac{1}{2}'$, $\beta = 90^\circ 33\tfrac{1}{2}'$,
$\gamma = 104^\circ 26\tfrac{1}{2}'$.

Dargestellt von Weinland und Prause[7]) (l. c. 52). Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{1\bar{1}0\}$, $c\{001\}$, $s\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $q\{01\bar{1}\}$, $r\{10\bar{1}\}$. Die Krystalle sind meist nach der $c$-Axe verlängert (s. Fig. 580a; Fig. 580b ist die Verticalprojection des oberen Endes), wobei zuweilen $c$ zurücktritt, so daß $q$ und $s$ in einer Kante zusammenstoßen; manchmal aber auch fast rectanguläre Tafeln nach $a$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c : q' = (001) : (0\bar{1}1) =$ | — | *43° 53½′ |
| $q' : b' = (0\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | — | *45 8½ |
| $c : r' = (001) : (\bar{1}01) =$ | — | *31 52½ |
| $q' : r' = (0\bar{1}1) : (\bar{1}01) =$ | — | *45 18 |
| $r' : s' = (\bar{1}01) : (\bar{1}11) =$ | — | *43 12 |
| $c : s' = (001) : (\bar{1}11) =$ | 46° 7′ | 46 4 |
| $a : m = (100) : (110) =$ | 47 38½ | 47 37 |
| $m : b = (110) : (010) =$ | 27 55½ | 27 47 |
| $a : r = (100) : (10\bar{1}) =$ | 58 27 | 58 50 |
| $a : c = (100) : (001) =$ | 89 26½ | 89 19½ |
| $a : s = (100) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 74 51 | 75 14½ |
| $c : m = (001) : (110) =$ | 89 21 | 89 34 |
| $r : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | 68 36 | 68 50 |
| $s' : m = (\bar{1}11) : (110) =$ | 71 5 | 71 45 |
| $q' : {}'m = (0\bar{1}1) : (\bar{1}\bar{1}0) =$ | 51 40½ | 51 38 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

Die Schwingungsrichtungen bilden in $a\{100\}$ mit der Kante [100, 110] 42° im stumpfen Winkel $\alpha$; in $c\{001\}$ mit [001, $\bar{1}$00] 70° im stumpfen Winkel $'\gamma$. Diese Schwingungsrichtungen entsprechen den Tracen der Ebene der optischen Axen. Axenwinkel groß.

Farbe der größeren Krystalle aquamarin; durch $a\{100\}$ sehr hell (die den spitzen Winkel $\alpha$ halbierende Schwingungsrichtung bläulich, die andere gelblich); durch $c\{001\}$ tief olivengrün ohne deutlichen Pleochroïsmus, durch $b\{010\}$ etwas heller, ähnlich.

## Kaliumdijodatotellurat-Dihydrat = $TeJ_2O_{10}K_2H_2 . 2H_2O$.

Trigonal skalenoëdrisch.

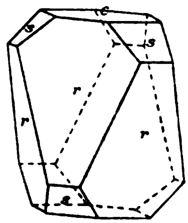
$\alpha = 40^\circ 51'$ ($a : c = 1 : 3,9328$) Stevanovič[8]).

Dargestellt von Weinland und Prause[7]) (l. c. 53). Beobachtete Formen: $c\{111\}$, $r\{100\}$, $s\{55\bar{7}\}$ und $t\{1\bar{1}0\}$. Die Krystalle sind meistens klein, gebildet

8) Stevanovič, Zeitschr. f. Krystall. 1903, 37, 261.

von *c*, *r* und *s* (Fig. 581); *t* kommt selten vor, als schmale Abstumpfung an der Kante $r:r = (100):(010)$. Manchmal treten *c* und *r* allein auf, was den Krystallen ein oktaëdrisches Aussehen gibt. Herzförmige Zwillinge nach *r* sehr häufig.

Fig. 581.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:s = (111):(55\bar{7}) =$ | — | *42° 30½′ |
| $c:r = (111):(100) =$ | 77° 47′ | 77 35 |
| $c:t = (111):(110) =$ | 66 35 | 66 40 |
| $s:s = (55\bar{7}):(\bar{7}55) =$ | 71 38 | 71 34 |
| $r:r = (100):(010) =$ | 115 38 | 115 29 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung negativ; $\omega = 2{,}1421$, $\varepsilon = 2{,}0300$ für *Na*-Licht.

# Osmiamate. Plumbite.

## Osmiamate.

Von der früher als Nitrosoverbindung $OsO.NO.OH$, neuerdings nach Werner als Imid $OsO_3.NH$ betrachteten Osmiamsäure sind zwei Salze gemessen worden. **Kalium- und Ammoniumosmiamat** $= OsO_3NK$ und $OsO_3N.NH_4$, welche tetragonal krystallisieren und zweifellos isomorph sind.

### Kaliumosmiamat $= OsO_3NK$.

Tetragonal. $a:c = 1:1{,}6319$ Dufet[1]).

Die erste Bestimmung des von Fritzsche und Struve[2]) dargestellten Salzes rührt von Nordenskiöld[2]) her; Dufet untersuchte ein von Joly[3]) erhaltenes Präparat. Spitze Bipyramiden $o\{111\}$ mit ziemlich breiten Abstumpfungen durch $d\{101\}$ oder letzteres vorherrschend.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Nordenskiöld: |
|---|---|---|---|
| $d:d_{,} = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *63° 0′ | 63° 55′ |
| $d:d = (101):(011) =$ | 74° 9′ | 74 12 | 73 44 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 46 51 | 46 51 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 80 54 | 80 54 | — |
| $d:o_{,} = (101):(11\bar{1}) =$ | 69 47 | 69 49 | — |

### Ammoniumosmiamat $= OsO_3N.NH_4$.

Tetragonal. $a:c = 1:1{,}6510$ Dufet[4]).

Die hellgelben Krystalle zeigen dieselben Formen, wie die des Kaliumsalzes, nur herrscht $d\{101\}$ über $o\{111\}$ vor.

---

1) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 214. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 594. (Die Druckfehler beider Stellen hier corrigiert.)

2) Fritzsche u. Struve (Mess. v. Nordenskiöld), Journ. f. prakt. Chemie 1847, **41**, 104.

3) Joly, Compt. rend. 1891, **112**, 1442. S. auch Brizard, Bull. soc. chim. Paris 1899 (3) **21**, 170.

4) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1895, **18**, 419. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 632.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $d:d_{,} = (101):(10\bar{1}) =$ | 62° 24′ | 62° 22′ |
| $d:d = (101):(011) =$ | 74 26 | 74 30 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 46 22 | 46 22 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *81 5 |

## Plumbite.

Von den Verbindungen von Bleioxyd mit basischen Oxyden ist nur eine untersucht worden, das rhombisch krystallisierte **Silberplumbit** $PbO_2Ag_2$.

### Silberplumbit = $PbO_2Ag_2$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}73:1:0{,}70$ Barker.

Die von Bullnheimer[5]) dargestellte Substanz bildet kleine, bräunlichgelbe Prismen, nach einer von Barker im Labor. d. Verf. vorgenommenen Untersuchung die Combination: $m\{110\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$; die Winkel der beiden letzten Formen waren nur mit dem Mikroskope meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | 72° |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | 70 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 88° | 82 circa |

# Sulfite, Selenite, Manganite.

## Einfache schwefeligsaure Salze einwertiger Metalle.

**Monokaliumsulfit** (Kaliumbisulfit) $= SO_3KH$ krystallisiert monoklin mit ähnlichem Habitus, wie Monokaliumcarbonat $= CO_3KH$ (s. S. 191); wegen der Beziehungen, welche nach S. 190 zwischen den schwefeligsauren und kohlensauren Salzen bestehen, wäre eine nähere Vergleichung beider Körper von Interesse, diese würde aber eine genauere Kenntnis derselben, namentlich des Sulfites, von welchem nicht einmal die Spaltbarkeit bekannt ist, und die Prüfung ihrer Mischbarkeit erfordern. Monoammoniumsulfit, dessen Krystallform nicht bekannt ist, bildet mit schwefeligsaurem Natrium ein Doppelsalz (s. S. 301).

Die wenigen normalen schwefeligsauren Salze einwertiger Metalle, von welchen krystallographische Untersuchungen vorliegen, sind wasserhaltig. **Ammoniumsulfit-Monohydrat** $= SO_3(NH_4)_2.H_2O$ krystallisiert monoklin; die Krystallformen entsprechend zusammengesetzter Salze der Kohlensäure, welche man damit vergleichen könnte, sind nicht bekannt. **Natriumsulfit-Heptahydrat** $= SO_3Na_2.7H_2O$ krystallisiert monoklin, also verschieden von dem rhombischen $CO_3Na_2.7H_2O$ (S. 190), aber beide bilden isomorphe Mischungen, welche bei vorherrschendem Carbonate dessen rhombische Form, bei vorherrschendem Sulfite die monokline Form des letzteren besitzen.

5) Bullnheimer, Ber. d. d. chem. Ges. 1898, 31, 1287.

Ein der Soda entsprechendes Salz von der Zusammensetzung $SO_3Na_2.10H_2O$ wird zwar von einigen Chemikern angegeben, konnte aber von anderen auch in niederer Temperatur nicht erhalten werden, ist also jedenfalls sehr labil; daß aus gemischten Lösungen sich Krystalle von der Form des Carbonates mit einem Gehalte von 0,13—0,18 Mol. $SO_3Na_2.10H_2O$ auf 1 Mol. $CO_3Na_2.10H_2O$ bilden, wurde bereits S. 198 angeführt.

**Monokaliumsulfit** (Kaliumbisulfit) = $SO_3KH$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,9276:1:2,2917$; $\beta = 94^\circ 46'$ Marignac[1]).

Die von Marignac untersuchten Krystalle waren nadelförmig nach der $b$-Axe, gebildet von den stark gestreiften Flächen $c\{001\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $s\{105\}$, $\tau\{10\bar{3}\}$; an dem einzig ausgebildeten Ende $m\{110\}$ und zuweilen $\xi\{12\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *85° 30′ |
| $c:a = (001):(100) =$ | 85° 14′ | — |
| $c:s = (001):(105) =$ | 25 19 | 25 ca. |
| $c:r = (001):(101) =$ | 63 55 | 63 50 |
| $c:\tau = (001):(\bar{1}03) =$ | 41 24 | 40°—43° |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *86 30′ |
| $r:m = (101):(110) =$ | — | *46 50 |
| $r:\xi = (101):(12\bar{1}) =$ | 69 13 | 69 30 |
| $m:s = (110):(105) =$ | 68 24 | 68°—69° |
| $m:\tau = (110):(10\bar{3}) =$ | 64 1 | 63 —65 |

**Ammoniumsulfit-Monohydrat** = $SO_3(NH_4)_2.H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,5257:1:0,7832$; $\beta = 97^\circ 59'$ Marignac[1]).

Bildet sich sowohl aus mäßig sauren Lösungen, wie aus solchen mit überschüssigem $NH_3$; entsteht ferner beim Fällen der Lösung mit Alkohol, wie auch beim Abkühlen einer heiß gesättigten Lösung (Marignac l. c. 25 bzw. 502). Zuerst gemessen von Rammelsberg[2]) und irrtümlich unter der Formel $S_2O_5(NH_4)_2.5H_2O$ beschrieben.

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$. Vorherrschend sind $c$ und $m$, untergeordnet fast immer $n$, seltener $a$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *67° 0′ | 66° 30′ |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 74° 8′ | 74 0 | — |
| $c:q = (001):(011) =$ | — | *37 48 | 38 38 |
| $c:a = (001):(100) =$ | 82 1 | 82 10 | 82 38 |
| $c':\sigma = (00\bar{1}):(20\bar{1}) =$ | 49 52 | 49 40 | 49 40 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *85 36 | 85 52 |
| $c:n = (001):(120) =$ | 83 38 | 83 40 | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 44 58 | 44 40 | 45 12 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 72 27 | 72 15 | — |

1) Ch. de Marignac, Annales des mines 1857, (5) **12**, 32. Oeuvres **1**, 508.

2) Rammelsberg, Die neuesten Forsch. in d. krystallogr. Chemie, Leipzig 1857, 26.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:q = (110):(011)$ | $= 55^{\circ}\ 8'$ | $55^{\circ}12'$ | — |
| $m':q = (\bar{1}10):(011)$ | $= 63\ 13$ | 63 0 | — |
| $m:\sigma = (110):(20\bar{1})$ | $= 68\ 23$ | 68 20 | — |
| $\sigma:n = (20\bar{1}):(210)$ | $= 57\ 49$ | 57 56 | — |

**Natriumsulfit-Heptahydrat = $SO_3Na_2.7H_2O$.**

Spec. Gew. 1,561 Buignet[3]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,5728:1:1,1694;\ \beta = 93^{\circ}36'$ Marignac[1]).

Dieses bei gewöhnlicher und bei niedriger Temperatur sich bildende Hydrat wurde von Rammelsberg[4]) und von Marignac (l. c. 30 bzw. 507) untersucht. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $x\{232\}$, $z\{532\}$, $y\{13\bar{2}\}$, $\xi\{23\bar{2}\}$. Vorherrschend sind die Formen der Zone [100:001]; daneben noch $m$ und $x$. Marignac erwähnt außerdem noch $z$ und $y$ und vermutet, daß die von Rammelsberg beobachtete Form $\xi$ identisch ist mit $y$. Die Krystalle verwittern ziemlich rasch; doch sind sie verhältnismäßig gut meßbar. Traube[5]) erhielt aus Lösungen von Natriumsulfit und -carbonat nach $c\{001\}$ dicktafelige Krystalle, welche auf 1 Mol. $CO_3Na_2.7H_2O$ 2—4 Mol. $SO_3Na_2.7H_2O$ enthielten und das spec. Gew. 1,556—1,558 besaßen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: | Traube: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10)$ | = — | $*65^{\circ}\ 0'$ | $65^{\circ}\ 0'$ | $64^{\circ}10'$—$64^{\circ}24'$ |
| $c:r = (001):(101)$ | = — | *35 20 | 34 52 | 35 32—36 0 |
| $c:a = (001):(100)$ | = — | *86 24 | 86 24 | 87 12—87 10 |
| $c:\sigma' = (001):(\bar{2}01)$ | $= 58^{\circ}35'$ | 58 44 | 58 6 | — |
| $c:m = (001):(110)$ | = 88 4 | 88 0 | — | — |
| $c:x = (001):(232)$ | = 61 10 | 61 10 | 61 ca. | — |
| $c:z = (001):(532)$ | = 66 21 | 66 12 | — | — |
| $c:y' = (001):(\bar{1}32)$ | = 61 22 | 61 20 | — | — |
| $c:\xi' = (001):(\bar{2}32)$ | = 63 22 | — | 62 12 | — |
| $a:z = (100):(532)$ | = 46 22 | 46 10 | — | — |
| $a:y = (100):(13\bar{2})$ | = 81 17 | 81 5 | — | — |
| $a:x = (100):(232)$ | = 68 12 | 68 20 | — | — |
| $r:x = (101):(232)$ | = 53 46 | 53 47 | 54 15 | — |
| $r:z = (101):(532)$ | = 44 34 | 44 30 | — | — |
| $r:m = (101):(110)$ | = 70 16 | 70 15 | — | — |
| $r:y' = (101):(\bar{1}32)$ | = 73 24 | 73 10 | — | — |
| $\sigma:m = (20\bar{1}):(110)$ | = 63 54 | 64 5 | — | — |
| $\sigma:y = (20\bar{1}):(13\bar{2})$ | = 66 6 | 65 58 | — | — |
| $m:x = (110):(232)$ | = 28 3 | 28 10 | — | — |
| $m:'x = (110):(2\bar{3}2)$ | = 61 16 | 61 8 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$, weniger nach $a\{100\}$ (Rammelsberg).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$ für Rot und Gelb, $\perp b\{010\}$ für Blau und Violett: die 1. Mittellinie bildet in $\{010\}$ $68^{\circ}$ mit der Verticalaxe im spitzen Winkel $\beta$; der Axenwinkel ist klein, für eine mittlere Farbe Null und nimmt für Rot bei steigender Temperatur ab, wobei jedoch das Salz rasch verwittert (Des Cloizeaux[6])).

3) Buignet, Journ. d. pharm. 1861, (3) **40**, 161, 337.

4) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 67.

5) Traube, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **22**, 147.

6) Des Cloizeaux, Annales des mines 1857, (5) **11**, 317; 1858, (5) **14**, 391.

## Einfache Sulfite und Selenite zwei- und dreiwertiger Metalle.

Boutzoureano[1]) gibt an, **Zinkselenit** $= SeO_3Zn$ in rhombischen Prismen ohne Endflächen erhalten zu haben. Sonst existieren nur Angaben über wasserhaltige Salze.

**Manganosulfit-Monohydrat** $= SO_3Mn.H_2O$ krystallisiert nach Gorgeu[2]) rhombisch (Messungen fehlen). **Cupriselenit-Dihydrat** $= SeO_3Cu.2H_2O$ existiert in zwei Modificationen, einer rhombischen und einer monoklinen, von welchen die letztere auch als Mineral Chalkomenit in der Natur vorkommt. **Zinksulfit-Hemipentahydrat** $= SO_3Zn.2\frac{1}{2}H_2O$ bildet ziemlich flächenreiche Krystalle, von denen nur eine ältere Untersuchung (ohne optische Prüfung) vorliegt, nach welcher dieselben wahrscheinlich monoklin sind. **Magnesiumsulfit-Trihydrat** $= SO_3Mg.3H_2O$ stellt ein ausgezeichnetes Beispiel ditrigonal-pyramidaler Symmetrie dar, während das entsprechend zusammengesetzte **Manganosulfit-Trihydrat** $= SO_3Mn.3H_2O$ nach Gorgeu[2]), welcher jedoch keine Messungen mitteilt, monoklin krystallisiert. Endlich gibt Boutzoureano[1]) an, daß **Magnesiumselenit-Hexahydrat** $= SO_3Mg.6H_2O$ in regulären Tetraëdern krystallisiere.

Über Salze dreiwertiger Metalle existieren nur einige kurze Angaben, ebenfalls von Boutzoureano[1]): **Ferrisulfit-Monohydrat** $= (SO_3)_3Fe_2.H_2O$, monokline Comb. {001}, {110}, {010}, {100}; $(110):(1\bar{1}0) = 76\frac{1}{2}°$; durch {001} ein Axenbild sichtbar. **Aluminium-** und **Ferrisulfit-Trihydrat** $= (SO_3)_3Al_2.3H_2O$ und $(SO_3)_3Fe_2.3H_2O$, reguläre Tetraëder.

### Cupriselenit-Dihydrat $= SeO_2Cu.2H_2O$.

#### Rhombische Modification.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9071:1:1,2322$ Friedel und Sarasin[3]).

Die Genannten erhielten das Salz durch langsame Wechselwirkung der Lösungen von Kaliumsulfit und Kupfersulfat in Krystallen, von denen die kleineren die Combination: $r${101}, $q${011}, $m${110}, $s${102}, $t${012} in regelmäßiger Ausbildung zeigten, während die größeren meist monoklin verzerrt erschienen; an solchen, nach einem Flächenpaare von $q$ tafelig, trat auch $o${111} auf.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *84° 25½′ |
| $r:m = (101):(110) =$ | — | *53 22½ |
| $r:q = (101):(011) =$ | 72° 41½′ | 72 59 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 58 32 | 58 21½ |
| $t:t = (012):(0\bar{1}2) =$ | 63 16½ | 63 55 |
| $r:t = (101):(102) =$ | 19 27½ | 19 10 |
| $s:s = (102):(\bar{1}02) =$ | 68 23½ | 68 59 |
| $s:t = (102):(012) =$ | 45 15 | 45 38 |

1) Boutzoureano, Ann. chim. phys. 1889, (6) **18**, 289. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 528.

2) Gorgeu, Compt. rend. 1883, **96**, 341, 376. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 425.

3) Friedel u. Sarasin, Bull. soc. fr. min. 1881, **4**, 176, 225. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 300.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | $101°52\frac{1}{2}'$ | 99°10′ |
| $q:o = (011):(111) =$ | 49 27 | 48 20 |

Die optischen Axen für verschiedene Farben liegen teils in $b\{010\}$, teils in $c\{001\}$ und bilden mit der gemeinsamen Mittellinie $a$ kleine Winkel.

### Monokline Modification (nat. Chalkomenit).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7222:1:0,2460$; $\beta = 90°51'$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Friedel und Sarasin[3]) stellten Kupferselenit durch Fällung dar und erhitzten es mit Wasser im geschlossenen Rohre; es bildete sich ein Gemenge von blauen und gelben Krystallen, von denen die ersteren die Formen {100}, {110}, {001} und {421} des Chalkomenits erkennen ließen. Letzteres Mineral zeigt vorherrschend: {100}, {110}, {$\bar{1}$01}, {001}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| (110):(100) = | 35°50′ | 36° |
| (421):(001) = | 34 51 | 34°—35° |

Doppelbrechung negativ; Axenebene ⊥ {010}; Axenwinkel für Grün fast Null, für Blau ca. 10° (Des Cloizeaux).

### Zinksulfit-Hemipentahydrat = $SO_3Zn.2\frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin sphenoidisch?.

$a:b:c = 0,8359:1:0,8211$; $\beta = 93°40'$ Marignac[4]).

Krystalle dieses in $H_2O$ schwer löslichen Salzes werden erhalten aus einer Lösung von Zinkoxyd in überschüssiger schwefeliger Säure durch Verdunsten oder durch Versetzen einer Lösung von Zinkchlorid mit Ammoniumsulfit.

Marignac beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$. Krystalle mehr oder weniger tafelig nach $c$ und etwas nach der $b$-Axe verlängert. Sehr selten sind kleine Krystalle von symmetrischer Ausbildung der gesamten Formen. Meist sind nur $c$, $a$, $m$ und $q$ vorhanden, die beiden letzteren nur an einem Ende der $b$-Axe. Diese Krystalle sind manchmal Zwillinge nach {010}. Die Winkelmessungen zeigen große Schwankungen, so daß die Symmetrie nicht ganz sicher gestellt ist. Die Werte der Winkel sind infolge dieser Schwankungen bei entsprechender Aufstellung vereinbar mit rhombischer, monokliner und trikliner Symmetrie.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *39°50′ |
| $c:q = (001):(011) =$ | — | *39 20 |
| $c:a = (001):(100) =$ | — | *86 20 |
| $c:r = (001):(101) =$ | 42°41′ | 42 50 |
| $c:m = (001):(110) =$ | 87 11 | 87 10 |
| $c:o = (001):(111) =$ | 50 15 | 50 50 |
| $b:o = (010):(111) =$ | 60 28 | 60 20 |
| $a:o = (100):(111) =$ | 50 59 | 51 30 |
| $a:q = (100):(011) =$ | 87 10 | 87 15 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 63 38 | 63 18 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 56 15 | 56 20 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 55 21 | 55 30 |

4) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1857, (5) 12, 37. Oeuvres 1, 513.

**Magnesiumsulfit-Trihydrat = $SO_3Mg.3H_2O$.**

Ditrigonal pyramidal.

$\alpha = 96^\circ 12'$ ($a : c = 1 : 1{,}0296$ Werther[5])).

Werther[5]), Rammelsberg[6]) und Des Cloizeaux[7]) beobachteten die Formen: $r\{100\}$, $s\{110\}$, $c\{111\}$, $n\{10\bar{1}\}$. Am einen Ende $s$ und $c$, am anderen nur $r$; $n$ ist untergeordnet. Des Cloizeaux beschreibt sternförmige Zwillinge; zwei Individuen sind, einander entgegengesetzt, mit der Basis verwachsen, wobei der eine Krystall gegen den anderen um 60° gedreht ist.

| | Berechnet: | Beobachtet: Werther: | Rammelsberg: | Des Cloizeaux: |
|---|---|---|---|---|
| $r : r = (00\bar{1}) : (0\bar{1}0) =$ | — | *83° 2′ | 82° 52′ | 82° 41′ |
| $r : s = (00\bar{1}) : (110) =$ | 99° 20′ | — | 98 54 | — |
| $s : c = (110) : (111) =$ | 30 44 | 31 17 | 30 33 | — |

## Doppelsalze der schwefeligen Säure.

**Natriummonoammoniumsulfit-Tetrahydrat** = $(SO_3)_2(NH_4)Na_2H.4H_2O$ krystallisiert monoklin.

**Kalium- und Ammoniummanganosulfit** = $(SO_3)_2MnK_2$ und $(SO_3)_2Mn(NH_4)_2$ sollen nach Gorgeu[1]) hexagonal, $(SO_3)_3Mn_2K_2$ rhombisch oder monoklin krystallisieren. Ein Kaliumeisensulfit (ohne Angabe der Formel) führt Des Cloizeaux[2]) als hexagonal mit positiver Doppelbrechung an. Derselbe[2]) fand ferner, daß von den beiden durch Péan de Saint-Gilles dargestellten Salzen: **Kalium- und Ammoniumcuprocuprisulfit-Pentahydrat** = $SO_3Cu.2SO_3Cu_2.SO_3K_2.5H_2O$ und $SO_3Cu.2SO_3Cu_2.SO_3(NH_4)_2.5H_2O$ das erste in rhombischen, pseudotetragonalen Prismen, das zweite tetragonal mit negativer Doppelbrechung krystallisiert. **Ammoniummagnesiumsulfit-Oktokaidekahydrat** = $(SO_3)_4Mg_3(NH_4)_2.18H_2O$ zeigt monokline Krystallform.

Halogenhaltige Verbindungen sind das rhombische **Ammoniumpalladiumtrichlorosulfit-Monohydrat** = $SO_3Cl_3Pd(NH_4)_3.H_2O$ und das monokline **Kaliumosmitetrachlorosulfit** = $(SO_3)_4Cl_4OsK_6H_2$.

Endlich existieren noch einige Angaben über Ammoniakverbindungen: **Diammin-Natriumplatosulfit-Hemihendekahydrat** = $(SO_3)_2PtNa_2.2NH_3.5\frac{1}{2}H_2O$, rhombisch; das von Hofmann und Jenny[3]) dargestellte **1-2-Tetrammin-Natriumkobaltisulfit-Dihydrat** = $(SO_3)_2CoNa.4NH_3.2H_2O$

5) Werther, Journ. f. pract. Chemie 1845, **35**, 52.
6) Rammelsberg, Krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 68.
7) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 19 (Mém. Sav. étrang. Acad. Par. 1867, **18**, 529).

1) Gorgeu, Compt. rend. 1883, **96**, 341, 376. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 425.
2) Des Cloizeaux, Annales d. mines 1857, (5) **11**, 300 u. 305; 1858, (5) **14**, 376.
3) Hofmann u. Jenny (Mess. v. Steinmetz u. Strandmark), Ber. d. d. chem. Ges. 1901, **34**, 3855.

bildet nach Steinmetz (l. c. 3862) braune, wahrscheinlich monokline Krystalle der Combination {100}, {001}, {10$\bar{1}$}, {010}, stets Zwillinge nach {100} mit $\beta = 120^\circ$ und deutlicher Spaltbarkeit nach {100}|; **1-2-Tetrammin-Natriumkobaltisulfit-Trihydrat** $= (SO_3)_2 CoNa . 4NH_3 . 3H_2O$ bildet rhombische Prismen $m${110} mit $c${001}, (110):(1$\bar{1}$0) = 70°26′, vollkommen spaltbar nach $c${001}, schwach dichroïtisch ($a$ hellbraun, $b$ mehr rötlichbraun); letzterem entspricht das monokline, also nicht damit isomorphe **Tetrammin-Ammoniumkobaltisulfit-Trihydrat** $= (SO_3)_2 CoNH_4 . 4NH_3 . 3H_2O$; die isomeren 1-6-Verbindungen krystallisieren mit 4 Mol. $H_2O$ und konnten nicht in meßbaren Krystallen erhalten werden. **Hexammin-Natriumammoniumiridiumsulfit-Dekahydrat**$=(SO_3)_6 Ir_2(NH_4)_3 Na_3 . 6NH_3 . 10H_2O$, dargestellt von Birnbaum[4]), bildet nach Wulff Rhomboëder $r${100}, $r:r$ = (100):(010) = 66°30′, zuweilen mit $c${111}.

## Natriummonoammoniumsulfit-Tetrahydrat $= (SO_3)_2(NH_4)Na_2H . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}8682 : 1 : 2{,}8501; \quad \beta = 152^\circ 12'$ Marignac[5]).

Nach Marignac (l. c. 29 bzw. 505) Tafeln nach $c${001}, begrenzt von $m${110}; untergeordnet $\varrho${10$\bar{1}$} und $\sigma${20$\bar{1}$}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m$ = (110):(1$\bar{1}$0) = | — | *82° 8′ |
| $c:m$ = (001):(110) = | — | *48 10 |
| $c:\omega$ = (001):(11$\bar{1}$) = | 76°58′ | 77 22 |
| $c:\varrho$ = (001):(10$\bar{1}$) = | 63 52 | 63 50 |
| $c:\sigma$ = (001):(20$\bar{1}$) = | — | *39 57 |
| $\sigma:m$ = (20$\bar{1}$):(110) = | 42 31 | 42 44 |
| $\varrho:m$ = (10$\bar{1}$):(110) = | 52 27 | 52 20 |

Spaltbarkeit nach {11$\bar{1}$} unvollkommen.

## Ammoniummagnesiumsulfit-Oktokaidekahydrat = $(SO_3)_4Mg_2(NH_4)_4 . 18H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}9612 : 1 : 0{,}8741; \quad \beta = 125^\circ 18'$ Marignac[5]).

Rammelsberg[6]) beschrieb die Krystalle ursprünglich als triklin auf Grund von approximativen Messungen. Nach Marignacs Bestimmung sind die beobachteten Formen: $c${001}, $a${100}, $m${110}, $n${130}, $\omega${11$\bar{1}$}, $\sigma${40$\bar{3}$}, $\tau${20$\bar{3}$}. Verlängert nach der $b$-Axe; vorherrschend $a$, $c$ und $m$, letzteres meist unsymmetrisch ausgebildet durch stärkere Entwickelung einer Fläche; häufig ist noch $\omega$, seltener $\sigma$ und $\tau$, sehr selten $n$. Streifung der Zone [100:001] parallel der $b$-Axe. Die Messungen sind nicht sehr genau.

4) Birnbaum (Mess. v. Wulff), Ber. d. d. chem. Ges. 1879, **12**, 1544.
5) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1857, (5) **12**, 35. Oeuvres **1**, 512.
6) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1855, **94**, 512.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *64° 0′ | 65°15′ |
| $n:n' = (130):(\bar{1}30) =$ | 23°32′ | 23 40 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 81 35 | 81 50 | — |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *72 10 | 74 0 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | — | *47 10 | 45 40 |
| $c:a = (001):(100) =$ | 54 42 | 54 40 | 55 38 |
| $a:\sigma = (100):(40\bar{3}) =$ | 88 51 | 89 0 | — |
| $a:\tau = (100):(20\bar{3}) =$ | 108 59 | 108 50 | — |
| $a:\omega = (100):(\bar{1}11) =$ | 83 3 | 83 8 | — |
| $\tau:m = (\bar{2}03):(110) =$ | 80 5 | 80 20 | — |
| $\tau:\omega = (20\bar{3}):(11\bar{1}) =$ | 41 34 | 41 28 | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ deutlich (Marignac).

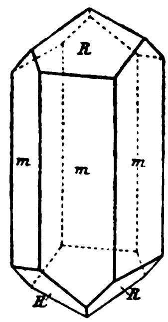
## Ammoniumpalladiumtrichlorosulfit-Monohydrat = $SO_3Cl_3Pd(NH_4)_2 . H_2O$.

Trigonal rhomboëdrisch.

$\alpha = 100°41'$ ($a:c = 1:0,8923$ Sachs[7]).

Dargestellt von Rosenheim und Itzig[8]). Nach Sachs Combinationen von $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$ mit dem Rhomboëder 3. Art $R\{17.1.\bar{1}\}$ (Fig. 582).

Fig. 582.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $R:R = (17.1.\bar{1}):(1.17.\bar{1}) =$ | 73°32′ | 74° 0′ appr. |
| $R:m = (17.1.\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 46 57 | 46 25 » |
| $R:m' = (17.1.\bar{1}):(11\bar{2}) =$ | — | *64 15 » |
| $R:{}_{,}m = (17.1.\bar{1}):(1\bar{2}1) =$ | 75 38 | 75 45 » |

Spaltbarkeit nach $a\{10\bar{1}\}$.

Doppelbrechung positiv, stark; $\omega = 1,6430$ $Na$ ($\varepsilon$ wegen Absorption nicht bestimmbar).

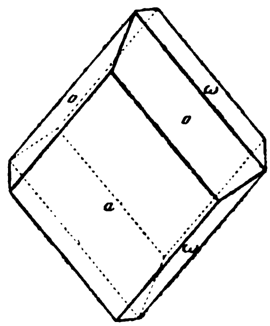
Farbe tiefrot; $\omega$ rötlichgelb, $\varepsilon$ dunkel karminrot.

## Kaliumosmitetrachlorosulfit = $(SO_3)_4Cl_4OsK_6H_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,7243:1:1,1729$;
$\beta = 105°44'$ Sachs[7]).

Fig. 583.




Die von Rosenheim[9]) dargestellten tiefroten Krystalle sind Tafeln nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$, s. Fig. 583 (Sachs l. c. 166).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *79°40′ |
| $a:o = (100):(111) =$ | — | *57 20 |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | — | *74 35 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 94°24′ | 94 20 |
| $o:\omega = (111):(11\bar{1}) =$ | 74 13 | 74 12 |

Keine Spaltbarkeit wahrnehmbar.

Eine Schwingungsrichtung in $\{010\}$ unter 8° zur Axe $c$ geneigt.

7) Sachs, Zeitschr. f. Krystall. 1901, **34**, 170.
8) Rosenheim und Itzig, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1900, **23**, 30.
9) Rosenheim, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1900, **24**, 422.

### Diammin-Natriumplatosulfit-Hemihendekahydrat = $(SO_3)_2PtNa_2.2NH_3.5\frac{1}{2}H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8731 : 1 : 1{,}4456$ Tornquist[10]).

Dieses von Kraut[11]) beschriebene Salz zeigt nach Tornquist die Combination $c\{001\}$, $o\{111\}$, nach ersterem tafelförmig oder, beim Umkrystallisieren aus heißem Wasser, letzteres vorherrschend.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *72° 33½′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 86° 36′ | 86 43 |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *48 52 |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $a\{100\}$, Axe $b$ 1. Mittellinie.

### 1-2-Tetrammin-Ammoniumkobaltisulfit-Trihydrat = $(SO_3)_2CoNH_4.4NH_3.3H_2O$.

Monoklin domatisch.

$a:b:c = 0{,}859 : 1 : 0{,}534$; $\beta = 111°23'$ Strandmark[3]).

Dargestellt von Hofmann und Jenny[3]); Strandmark (l. c. 3858) beobachtete an den dunkelbraunen, nach der $c$-Axe prismatischen Krystallen: $m\{110\}$ vorherrschend, $n\{120\}$, am oberen Ende $c\{001\}$ und $x\{\bar{1}22\}$, am unteren Ende gestreifte, nicht meßbare Flächen. Zwillinge nach $a\{100\}$ und $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *77° 17′ |
| $n:m = (120):(110) =$ | 19° 20′ | 19 21 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *73 27 |
| $n:c = (120):(001) =$ | 78 55 | 79 11 |
| $x:n = (\bar{1}22):(\bar{1}20) =$ | — | *62 58 |
| $x:m = (\bar{1}22):(\bar{1}10) =$ | 70 3 | 70 15 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen $\perp\{010\}$ und ungefähr senkrecht zur $c$-Axe, durch je ein Flächenpaar von $\{110\}$ ein Axenbild in der Mitte des Gesichtsfeldes sichtbar.

## Pyrosulfite und Pyroselenite. Hydrosulfite.

Von den Salzen der pyroschwefeligen Säure sind nur **Kalium- und Ammoniumpyrosulfit** = $S_2O_5K_2$ und $S_2O_5(NH_4)_2$ gemessen worden; das erstere krystallisiert monoklin, das zweite rhombisch; da ihre Formen keinerlei Ähnlichkeit erkennen lassen, liegt jedenfalls eine Isodimorphie vor.

Pyroselenite hat Boutzoureano[1]) folgende beschrieben: $S_2O_5Mg$, Comb. zweier Rhomboëder; $S_2O_5Cd$, rhombische Tafeln $c\{001\}$, $m\{110\}$, usw. $m:m = 77°34'$; $Se_2O_5Co.3H_2O$, monokline Combination: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$ usw. $m:m = 85°14'$, $m:c = 71°24'$, $q:c = 44°32'$, $q:m = 42°48'$,

10) Tornquist, Zeitschr. f. Krystall. 1891, **19**, 370.
11) Kraut, Ann. d. Chemie 1888, **245**, 235.

1) Boutzourano, Ann. chim. phys. 1889, (6) **18**, 289.

$q:m' = 75^\circ 0'$; $Se_2O_5Zn.3H_2O$, mit vor. isomorph, $m:m = 85^\circ 56'$, $m:c = 71^\circ 36'$, $q:c = 42^\circ 30'$, $q:m = 43^\circ 16'$, $q:m' = 74^\circ 54'$; $Se_2O_5Cu.4H_2O$, monokline Prismen $m\{110\}$ mit $c\{001\}$ und $x\{\bar{2}21\}$, $m:m = 70^\circ 5'$, $m:c = 65^\circ 14'$, $x:m = 12^\circ 30'$; $(Se_2O_5)_3Fe_2.2H_2O$, monokline Tafeln $b\{010\}$ mit $a\{100\}$, $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$, Kantenwinkel $[oo]:a = 136\frac{1}{2}^\circ$, $[\omega\omega]:a = 133\frac{1}{2}'$, Auslöschungsschiefe $19\frac{3}{4}^\circ$. Muthmann und Schäfer[2]) geben an, Kaliumchloropyroselenit-Dihydrat $= Se_2O_4ClK.2H_2O$ und die entsprechenden Salze von Rubidium und Ammonium in monoklinen Krystallen erhalten zu haben, teilen aber keine Messungen mit.

Von den Salzen der hydroschwefeligen Säure endlich existiert nur die Messung einer **Krystallalkoholverbindung von Zinkhydrosulfit** $=$ $S_2O_4Zn.xC_2H_6O$.

## Kaliumpyrosulfit $= S_2O_5K_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}4650:1:1{,}2222$; $\beta = 131^\circ 43'$ Stevanovič.

Marignac[3]), welcher das Salz zuerst untersuchte, und Stevanovič (Beob. i. Lab. d. Verf., Krystalle von Goßner dargestellt) beobachteten die Formen: $c\{001\}$, $v\{102\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\tau\{30\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$ und $x\{31\bar{1}\}$ (Fig. 584);

Fig. 584.

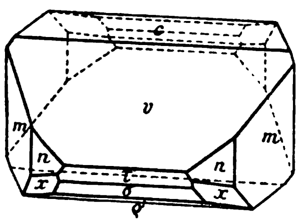


Fig. 585a.

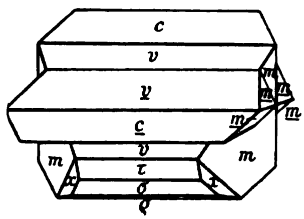
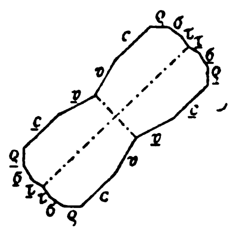


Fig. 585b.



meist Zwillinge nach $c\{001\}$ s. Fig. 585a und b (letzteres Durchschnitt nach der Symmetrieebene). Die Winkel zeigen große Schwankungen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Stevanovič: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *95° 3′ | 95° 0′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *63 18 | 63 16 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *54 24 | 54 35 |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 57° 16′ | 57 39 | 57 39 |
| $v:c = (102):(001) =$ | 13 41 | 15 15 | 13 43 |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 95 3 | 95 7 | 95 18 |
| $\tau':c = (\bar{3}01):(001) =$ | 109 36 | 108 55 | 107°–108° ($\bar{1}\bar{1}.0.4$?) |
| $\varrho:n = (10\bar{1}):(210) =$ | 78 53 | 78 17 | 78° 45′ |
| $x:x = (31\bar{1}):(3\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 22 | 50 10 | 49 11 |
| $x':c = (\bar{3}11):(001) =$ | 72 15 | — | 72 10 |
| $x:\varrho = (31\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 58 46 | 58 3 | 58 41 |

2) Muthmann und Schäfer, Ber. d. d. chem. Ges. 1893, **26**, 1012.

3) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1857, (5) **12**, 38. Oeuvres **1**, 509.

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet 1° 10′ ($Na$) mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; Axenwinkel in Bromnaphtalin: $2H_a = 72°10'$ ($Li$), 70° 0′ ($Na$), 68° 20′ ($Tl$), $2H_o = 93°$ circa ($Na$); daraus: $2V = 76\frac{1}{2}°$ circa für $Na$ (Stevanovič).

### Ammoniumpyrosulfit = $S_2O_5(NH_4)_2$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,3939:1:0,4770$ Fock[4]).

Zuerst dargestellt und gemessen von Marignac[3]) (l. c. 28 bzw. 504), später von Fock; die Krystalle zeigen die Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$ und $q\{011\}$ und sind nach der Verticalaxe prismatisch.

| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *44° 20′ | 48°—46° |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *51 0 | 48 —52 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 81° 51′ | 81 12 | 79 —82 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$, Axe $a$ 1. Mittellinie; $2H$ (in Glas) = 57° ($Na$), Dispersion stark, $\varrho > v$.

### Zinkhydrosulfit-Alkoholat = $S_2O_4Zn.xC_2H_6O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,9827:1:0,5596$ Lang[5]).

Die von Nabl[6]) erhaltenen Krystalle sind Combinationen von $m\{110\}$ mit $b\{010\}$ und $o\{111\}$, letzteres stets unvollzählig ausgebildet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *89° 0′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *52 50 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 51° 52′ | — |
| $o:m = (111):(110) =$ | 51 24 | 51 15 |
| $o:m' = (111):(\bar{1}10) =$ | 90 37 | 90 40 |

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$; durch $m\{110\}$ je ein Axenbild sichtbar, und zwar scheint der Axenwinkel klein und die Doppelbrechung negativ zu sein.

## Manganite und analoge Verbindungen.

Unter den Salzen mit säurebildendem vierwertigen Mangan entsprechen den Sulfiten, sowie den Metasilicaten, die beiden Mineralien **Manganometamanganit** (Braunit) = $MnO_3Mn$ und **Ferrometamanganit** (Bixbyit) = $MnO_3Fe$, von denen das erstere tetragonal pseudooktaëdrisch, das letztere kubisch krystallisiert; die Beziehung zu den Metasilicaten bzw. -titanaten tritt dadurch hervor, daß der Braunit stets eine Beimischung von $SiO_3Mn$ enthält und im Bixbyit eine kleine Menge des $Mn$ durch $Ti$ vertreten ist.

---

4) Fock, Ber. d. d. chem. Ges. 1890, **23**, 3149.

5) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1902, **111** (IIa), 1161. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **40**, 619.

6) Nabl, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1899, **108** (IIb), 432.

Den Pyrosulfiten analog zusammengesetzt ist das trigonal krystallisierende Mineral Chalkophanit, eine isomorphe Mischung $Mn_2O_5(Zn, Mn).2H_2O$.

Das vierwertige Mangan bildet endlich noch ein Salz, welches in seiner Zusammensetzung den Orthosilicaten entspricht, nämlich das **Mangano-orthomanganit** (Hausmannit) = $MnO_4Mn_2$, mit tetragonaler Krystallform. Ebenfalls tetragonal krystallisieren die von Gorgeu[1]) dargestellten Verbindungen $MnO_4Mg_2$, $MnO_4Zn_2$ und $MnO_4Cd_2$, endlich auch die von Demselben[2]) nach der gleichen Methode wie Hausmannit erhaltene Verbindung $Co_3O_4$, doch sollen nach Angabe Bertrands die Winkel der letzteren erheblich von denen des Hausmannites abweichen; Messungen liegen jedoch von keinem dieser Körper vor.

### Manganometamanganit (nat. Braunit) = $MnO_3Mn$.

Spec. Gew. 4,72 (nat. Kryst.).
Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:0,9922$ Flink (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt meist die pseudooktaëdrische Bipyramide {111}, doch treten auch ditetragonale Bipyramiden u. a. Formen an den Krystallen auf. Zwillinge kommen vor nach {101}. Nach Schuster ist die Form {111} als trigonale Combination {111}{11$\bar{1}$} und das Mineral als isomorph mit Ilmenit $TiO_3Fe$ (s. S. 241) aufzufassen.

Spaltbarkeit nach {111} vollkommen.

### Manganoorthomanganit (nat. Hausmannit) = $MnO_4Mn_2$.

Spec. Gew. 4,80 Gorgeu[3]).
Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:1,1573$ Flink (nat. Kryst.).

Die bereits früher von mehreren französischen Chemikern dargestellte Verbindung erhielt in meßbaren Krystallen Gorgeu[3]) durch längeres Schmelzen von $MnCl_2$ in einer oxydierenden, mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre; nach Bertrand zeigen sie die Formen {111} und {113} des natürlichen Hausmannites. Hlawatsch (Privatmitt.) erhielt nach demselben Verfahren die Combination {111}, {001}, untergeordnet {101}, z. T. in schönen Zwillingen nach {101}. Die natürlichen Krystalle sind meist Zwillinge nach demselben Gesetze; die häufigste und oft allein auftretende Form ist {111}, doch kommen auch flächenreichere Krystalle vor, zuweilen auch solche von skalenoëdrischer Ausbildung. Messungen liegen nur von natürlichen Krystallen vor.

Spaltbarkeit nach $c${001} ziemlich vollkommen.

---

1) Gorgeu, Bull. soc. chim. Paris 1903, **29**, 1111.
2) Gorgeu, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 263. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 645.
3) Gorgeu, Compt. rend. 1883, **96**, 1144. Bull. soc. fr. min. **6**, 136. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 425.

# Sulfate, Chromate, Manganate, Ferrate, Selenate, Molybdate, Wolframate und Uranate.

## Saure schwefelsaure und selensaure Salze einwertiger Metalle.

Von den sauren Salzen des Lithiums ist keines gemessen worden, von denen des Natriums die folgenden: **Mononatriumsulfat** = $SO_4NaH$ triklin, **Trinatriumdisulfat** = $(SO_4)_2Na_3H$ monoklin und **Mononatriumsulfat-Monohydrat** = $SO_4NaH.H_2O$, ebenfalls monoklin; dagegen kennt man die Krystallformen einiger Doppelsalze von Lithium bzw. Natrium mit Kalium: **Monolithiumtetrakaliumtetrasulfat** = $(SO_4)_4K_4LiH_3$, tetragonal krystallisierend; **Dinatriummonokaliumdisulfat** = $(SO_4)_2KNa_2H$, dessen monokline Krystallform keine Ähnlichkeit mit der des Trinatriumdisulfates zeigt, und das rhombisch krystallisierte saure **Natriumkaliumsulfat**, für welches die komplizierte Formel $(SO_4)_{13}K_6Na_{10}H_{10}$ gefunden wurde.

**Monokalium**- und **Monoammoniumsulfat** = $SO_4KH$ und $SO_4(NH_4)H$ krystallisieren zwar beide rhombisch, sind aber nicht isomorph, wie Goßner[1]) nachgewiesen hat; Mischungen derselben, besonders mit vorwiegendem Kaliumsalze, lieferten zuerst Krystalle von der Form des letzteren, deren spec. Gew. von 2,322 (reines $K$-Salz) durch den Gehalt an Ammoniumsalz bis 2,280 herunterging, zuletzt solche von dem charakteristischen pseudohexagonalen Typus des Ammoniumsalzes mit z. T. bedeutendem Kaliumgehalte, wie aus den spec. Gewichten derselben, 1,875 bis 1,815, hervorgeht. Dazwischen bildeten sich Krystalle einer dritten, monoklinen Modification, welche bei keinem der beiden reinen Salze zu erhalten war; das spec. Gewicht dieser Mischkrystalle, die z. T. nahezu die Zusammensetzung $2SO_4KH.SO_4(NH_4)H$ hatten, schwankte von 2,200 bis 2,040. Ganz ähnlich verhält sich nach Stortenbeker[2]) das Salzpaar: Monokalium- und Monothallosulfat: aus Lösungen mit bis 63 Mol.-% $SO_4TlH$ entstehen Krystalle von der Form des Kaliumsalzes mit 0—3,6 Mol.-% $SO_4TlH$; aus Lösungen mit 64—80 Mol.-% $Tl$-Salz bilden sich monokline Mischkrystalle, Tafeln von 120° mit denselben optischen Eigenschaften, wie die monokline Mischung $SO_4(K, NH_4)H$; endlich aus einer Lösung mit 93 Mol.-% $SO_4TlH$ Krystalle vom gewöhnlichen Typus des Thalliumsalzes mit nur 1,7 Mol.-% $SO_4KH$. Über das **Monothallosulfat** = $SO_4TlH$ selbst hatte Stortenbeker[3]) früher angegeben, daß es aus der gleichen Lösung in zweierlei Formen krystallisiere, in Tafeln und in dünnen Prismen, von denen die ersteren (die gewöhnliche Form) nach den optischen Eigenschaften monoklin (aber verschieden von den Tafeln der eben erwähnten Mischung), die letzteren wahrscheinlich rhombisch sind; meßbare Krystalle scheinen noch nicht dargestellt worden zu sein. **Monokaliumselenat** = $SeO_4KH$ ist vollkommen

1) Goßner, Zeitschr. f. Krystall. 1904, **39**, 381.
2) Stortenbeker, Rec. trav. chim. Pays-Bas 1905, **24**. 23. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **43**, 599.
3) Stortenbeker, Rec. trav. chim. Pays-Bas 1902, **21**, 90.

isomorph mit $SO_4KH$, **Monoammoniumselenat** = $SeO_4(NH_4)H$ ebenso mit $SO_4(NH_4)H$; es wiederholt sich also hier die gleiche Isodimorphie, wie bei den entsprechenden Sulfaten, und Versuche zur Darstellung von Mischungen würden wohl auch in diesem Falle die Existenz einer dritten, monoklinen Modification nachzuweisen gestatten. Über entsprechende Salze des Rubidiums und Cäsiums existiert nur eine Angabe von Kirchhoff und Bunsen[4]), nach welcher saures Cäsiumsulfat kleine rhombische Prismen von 72° 23′ ohne Endflächen bildet; das Salz war hiernach wahrscheinlich $SO_4CsH$ mit der Form $q$ des $SO_4(NH_4)H$. Als eine dimorphe Modification von $SO_4KH$ beschrieb Marignac nicht meßbare feine Nadeln und Scacchi das ebenso aussehende Mineral Misenit; Wyrouboff[5]) erhielt von diesem Körper meßbare, wenn auch ebenfalls nadelförmige Krystalle und bestimmte die Form als monoklin; durch Stortenbeker[6]) und Goßner[1]) wurde jedoch nachgewiesen, daß diesen Nadeln die Zusammensetzung $(SO_4)_7K_8H_6$ zukomme.

Die folgende Gruppe von sauren Salzen des Kaliums und Ammoniums bildet ein ausgezeichnetes Beispiel der Polysymmetrie, welches durch eine neuere Untersuchung von Goßner[7]) klargestellt worden ist. **Trikalium- und Triammoniumdisulfat** = $(SO_4)_2K_3H$ und $(SO_4)_2(NH_4)_3H$ krystallisieren übereinstimmend monoklin mit trigonaler Pseudosymmetrie, derzufolge sie von Scacchi für trigonal gehalten wurden; die Krystalle des Ammoniumsalzes und ebenso die der isomorphen Mischungen desselben mit dem Kaliumsalze gehen nun beim Erwärmen unter Bildung immer zahlreicher werdender, unter 60° einander schneidender Zwillingslamellen allmählich in wirklich trigonale, negativ einaxige Krystalle über, während beim Abkühlen sich ebenso allmählich der ursprüngliche Zustand wieder herstellt; beim Kaliumsalze tritt in derselben Weise die Zwillingsbildung auf, da aber hier die zur vollständigen Umlagerung nötige Temperatur höher liegt, werden die Krystalle vorher trübe und lassen den Eintritt der optischen Einaxigkeit nicht mehr deutlich erkennen. Mit beiden Salzen isomorph sind ferner **Trikalium- und Triammoniumdiselenat** = $(SeO_4)_2K_3H$ und $(SeO_4)_2(NH_4)_3H$; Goßner[7]) (l. c. 163) erhielt ersteres in pseudohexagonalen Täfelchen mit derselben Drillingsbildung, wie sie das Sulfat zeigt, welche sich beim Erwärmen ebenso verhielten und bald optisch negativ einaxig wurden; das zweite Salz wurde direct in optisch einaxigen hexagonalen Täfelchen erhalten, die auch in niederer Temperatur keine monokline Zwillingsbildung zeigten. Zu derselben polysymmetrischen Gruppe gehört endlich auch das **Trithallodisulfat** = $(SO_4)_2Tl_3H$, welches in trigonalen, tafelförmigen Combinationen $c\{111\}$, $\varrho\{110\}$ krystallisiert, deren Winkel sehr nahe mit denen der Combination $c\{111\}$, $o\{111\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ der isomorphen monoklinen, vorhergenannten Sulfate übereinstimmen; nach Stortenbekers[2]) Untersuchung

4) Kirchhoff und Bunsen, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1861, **113**, 368.
5) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1884, **7**, 5. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 200.
6) Stortenbeker, Rec. trav. chim. Pays-Bas 1903, **21**, 403.
7) Goßner, Zeitschr. f. Krystall. 1903, **38**, 158.

bildet das Salz auch mit $(SO_4)_2K_3H$ Mischkrystalle von gleichem Ansehen, welche bis 43 Mol.-% des zweiten Salzes enthalten.

Die Chromsäure bildet bekanntlich keine den vorhergehenden Körpern analogen sauren Salze. Die, wie es scheint, nur in der Dissertation von Westphal (Berlin 1895) erwähnte Tetramethylstiboniumverbindung $CrO_4Sb(CH_3)_4H$, welche nach Fock[8]) kubische, wahrscheinlich tetraëdrisch-pentagondodekaëdrische Krystalle (Comb. {100}, {111}, {1$\bar{1}$1}, {110}, {201}) bildet, ist vermutlich ein Salz der Dichromsäure. Was endlich die Molybdänsäure und Wolframsäure betrifft, so existieren zwar von der ersteren einige sehr compliciert zusammengesetzte Salze, welche man als saure Salze der normalen Molybdänsäure $MoO_4H_2$ betrachtet hat, doch schließen sich diese nach ihrem chemischen Verhalten vielmehr den Polywolframaten an und sollen daher mit diesen nach den Salzen der normalen Säuren vom Typus $SO_4H_2$ behandelt werden.

### Mononatriumsulfat = $SO_4NaH$.

Spec. Gew. 2,435 Spring[9]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,7740:1:1,1981 \text{ Marignac}^{10)}.$$
$$\alpha = 94^\circ 54', \quad \beta = 93^\circ 13', \quad \gamma = 88^\circ 57'.$$

Das zerfließliche, aus saurer Lösung bei ca. 50° sich bildende Salz zeigt nach Marignac die Formen: $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{0\bar{1}1\}$, $x\{1\bar{1}2\}$. Die Krystalle sind meist tafelig nach $m$; die Formen $r$, $\varrho$ und $x$ sind untergeordnet; ebenso $q$, welches nur selten auftritt. Tschermak[11]) beschrieb Zwillinge und gibt einige Messungen an, welche jedoch mit denen Marignacs nicht in Einklang zu bringen sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *75° 20′ |
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *38 10 |
| $a:b = (100):(010) =$ | 91° 20′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 85 1 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 86 41 | 86 0 |
| $c:q = (001):(0\bar{1}1) =$ | 52 46 | — |
| $c:r = (001):(101) =$ | — | *54 40 |
| $c:\varrho = (001):(\bar{1}01) =$ | 59 21 | 58 40 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *84 20 |
| $c:\mu = (001):(1\bar{1}0) =$ | — | *90 20 |
| $c:x = (001):(1\bar{1}2) =$ | 44 51 | 45 ca. |
| $m:r = (110):(101) =$ | 46 0 | 46 15 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 51 32 | 51 50 |
| $m:q = (110):(01\bar{1}) =$ | 66 40 | 66 ca. |
| $m:x = (110):(1\bar{1}2) =$ | 75 36 | 75 50 |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101) =$ | 49 31 | — |
| $a:x = (100):(1\bar{1}2) =$ | 52 59 | — |

8) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1896, **25**, 346.

9) Spring, Bull. Acad. R. Belg. 1904, 290. Chem. Centralbl. 1904, **1**, 1630.

10) Ch. de Marignac, Annales des mines 1857, (5) **12**, 47. Oeuvres **1**, 523. Berechnung von Goßner.

11) Tschermak, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1861, **43**, 382.

### Trinatriumdisulfat = $(SO_4)_2Na_3H$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}7216:1:0{,}9485;\quad \beta = 102^\circ 10'$ Marignac[10]).

Scheidet sich als erste Krystallisation ab aus einer Lösung von $SO_4NaH$. Gemessen von Marignac (l. c. 45 bzw. 521) und Scacchi[12]).

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $x\{121\}$, $\xi\{12\bar{1}\}$, $y\{21\bar{2}\}$, $n\{410\}$, $l\{210\}$, $z\{11\bar{2}\}$ (die letztere Form nur von Scacchi beobachtet). Krystalle stark nach der $c$-Axe verlängert, oft nadelförmig oder dünntafelig nach $a$. Scacchi beobachtete oft Zwillinge, mit einer Zwillingsaxe parallel der Kante $(111):(1\bar{1}1)$; einige seiner Winkelangaben scheinen durch Druckfehler entstellt zu sein.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Scacchi: |
|---|---|---|---|
| $b:o = (010):(111)$ | — | *53° 12′ | 53° 8′ |
| $b:x = (010):(121)$ | 33° 46′ | 33 40 | 33 42 |
| $b:\omega = (010):(11\bar{1})$ | 48 9 | 47 53 | 48 5 |
| $b:\xi = (010):(12\bar{1})$ | 29 10 | 29 0 | 29 8 |
| $b:y = (010):(21\bar{2})$ | 65 53 | 65 40 | 65 51 |
| $b:z = (010):(11\bar{2})$ | 64 40 | — | 64 39 |
| $a:n = (100):(410)$ | 22 49 | 23 10 | — |
| $a:l = (100):(210)$ | 40 5 | 40 15 | 40 19 |
| $c:a = (001):(100)$ | — | *77 50 | 77 47 |
| $c:o = (001):(111)$ | — | *43 51 | 46 11 (?) |
| $c:x = (001):(121)$ | 59 58 | 60 0 | 59 58 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11)$ | 50 30 | 50 20 | 39 33 (?) |
| $c:\xi' = (001):(\bar{1}21)$ | 65 24 | 65 30 | 65 23 |
| $c:y' = (001):(\bar{2}12)$ | 38 48 | 38 42 | 38 50 |
| $c:z' = (001):(\bar{1}12)$ | 29 40 | — | 29 36 |
| $c:l = (001):(210)$ | 80 43 | 80 45 | 83 50 (?) |
| $a:o = (100):(111)$ | 60 31 | 60 41 | 60 38 |
| $a:x = (100):(121)$ | 70 2 | 70 3 | 70 7 |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1})$ | 75 50 | 76 10 | 76 3 |
| $a:\xi = (100):(12\bar{1})$ | 80 47 | 80 44 | 80 55 |
| $a:y = (100):(21\bar{2})$ | 72 33 | 72 30 | 72 48 |
| $a:z = (100):(11\bar{2})$ | 86 35 | — | 83 47 (?) |

### Monolithiumtetrakaliumtetrasulfat = $(SO_4)_4K_4LiH_3$.

Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:1{,}3729$ Ivanoff[13]).

Scacchi[14]), welcher dieses Salz zuerst darstellte, erhielt gewöhnlich die Combination: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $i\{112\}$, $k\{223\}$, seltener $o\{111\}$, $t\{401\}$ und $s\{201\}$, die letzteren beiden nur untergeordnet. Ivanoff beobachtete bipyramidale Krystalle mit den Formen: $i\{112\}$, $m\{110\}$, $p\{221\}$, $o\{111\}$, $k\{223\}$, $c\{001\}$, bei schneller Krystallisation nur $c\{001\}$, $m\{110\}$.

12) A. Scacchi, Mem. Acc. d. Sc. Fis. Mat. Napoli 1867, 4 (Prod. chim. crist. 22).

13) Ivanoff, Bull. Soc. Imp. Natur. Moscou 1902, 16, 360. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 39, 620.

14) A. Scacchi, Mem. Acc. d. Sc. Fis. Mat. Napoli 1867, 8, Sep. 48.

| | Berechnet: | Beobachtet: Ivanoff: | Scacchi: |
|---|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *62° 45′ | 62° 42′ |
| $i:c = (112):(001) =$ | 44° 9′ | 44 7 | 44 5 |
| $k:c = (223):(001) =$ | 52 27 | 52 18 | 52 15 |
| $p:c = (221):(001) =$ | 75 34 | 75 24 | — |
| $i:i = (112):(1\bar{1}2) =$ | 58 58 | 58 59 | 58 56 |
| $k:k = (223):(2\bar{2}3) =$ | 68 2 | 68 1 | 68 0 |
| $s:c = (201):(001) =$ | 69 59 | — | 69 57 |
| $t:c = (401):(001) =$ | 79 40 | — | 79 39 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.
Doppelbrechung negativ, stark.

### Mononatriumsulfat-Monohydrat = $SO_4NaH.H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9965:1:1{,}0480$; $\beta = 119°35'$ Marignac[10]).

Bildet sich beim Abkühlen einer Lösung von Natriumsulfat, die überschüssige Schwefelsäure enthält. Gemessen von Marignac (l. c. 48 bzw. 524).

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $y\{11\bar{2}\}$. Große, nach der Verticalaxe verlängerte Krystalle, oft auch abgeplattet nach einer Prismenfläche. Vorherrschend $m$, $o$ und $\omega$; $c$ ist selten und ganz untergeordnet, ebenso $y$, das nicht mit Sicherheit constatiert ist. Eine zweite Ausbildungsweise zeigt $m$, $o$ und $\varrho$ in nahezu gleicher Entwickelung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 81° 50′ | 81° 40′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 54 24 | 54 38 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 82 50 | 83 0 |
| $c:m = (001):(110) =$ | 68 6 | 68 15 |
| $m:o = (110):(111) =$ | 27 44 | 27 36 |
| $m:\omega = (110):(11\bar{1}) =$ | 42 20 | 42 27 |
| $m:y = (110):(11\bar{2}) =$ | 70 49 | 72 ca. |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 65 14 | 65 40 |
| $c':\varrho = (00\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 62 16 | — |

### Dinatriummonokaliumdisulfat = $(SO_4)_2KNa_2H$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1369:1:0{,}7004$; $\beta = 110°38'$ Scacchi[12]).

Das Salz bildet sich aus einer sauren Lösung von $Na$- und $K$-Sulfat und wurde von Scacchi (l. c. 24) beschrieben. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $l\{120\}$, $q\{011\}$, $s\{201\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *69° 22′ |
| $c:s = (001):(201) =$ | — | *38 48 |
| $c:\sigma' = (001):(\bar{2}01) =$ | 63° 45′ | — |
| $a:n = (100):(210) =$ | — | *28 4 |
| $a:l = (100):(120) =$ | 64 53 | — |
| $a:m = (100):(110) =$ | 46 50 | — |
| $a:o = (100):(111) =$ | 49 46 | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | 77 6 | — |
| $c:l = (001):(120) =$ | 81 24 | — |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:m = (001):(110) =$ | 76° 3′ | — |
| $c:o = (001):(111) =$ | 35 38 | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 48 3 | — |
| $c:q = (001):(011) =$ | 72 41 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 50 38 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 68 0 | — |

Spaltbarkeit vollkommen nach $a\{100\}$; weniger vollkommen nach $c\{001\}$ und $b\{010\}$.

### Saures Natriumkaliumsulfat = $(SO_4)_{12}K_6Na_{10}H_{10}$.

Rhombisch pyramidal.

$$a:b:c = 0{,}6371:1:0{,}6009 \text{ Wyrouboff}^{15)}.$$

Wyrouboff erhielt dieses etwas zerfließliche Salz aus einer concentrierten Lösung von $2SO_4Na_2$, $1SO_4K_2$ und $3SO_4H_2$ (die letzten Mutterlaugen lieferten Krystalle von $(SO_4)_2Na_3H$); dasselbe bildet große Prismen nach $q\{011\}$ und $x\{01\bar{1}\}$, breit abgestumpft durch $b\{010\}$, am Ende $m\{110\}$, $a\{100\}$ und untergeordnet die Pyramide $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *65° 0′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *62 0 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 47° 14′ | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 38 57 | 41 45 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 51 3 | 50 47 |

Doppelbrechung positiv, nicht stark; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2V = 61\frac{1}{2}°$, $2E = 98°$, $\varrho < v$.

### Monokaliumsulfat (Kaliumbisulfat) = $SO_4KH$.

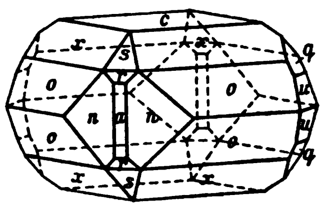
Spec. Gew. 2,322 Goßner[1]), 2,314 Stortenbeker[2]).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}8609:1:1{,}9344 \text{ Marignac}^{16)}.$$

Das Salz bildet sich aus Lösungen von Kaliumsulfat in überschüssiger Schwefelsäure, nach Stortenbeker[6]) (l. c. 406) besonders, wenn $SO_4H_2 : SO_4K_2 > 4{,}5$ ist. Marignac beobachtete die Formen (Fig. 586): $c\{001\}$, $o\{111\}$, $x\{113\}$, $n\{210\}$, $r\{101\}$, $s\{102\}$, $q\{011\}$, $u\{021\}$ und $a\{100\}$, Tschermak[11]) an Krystallen, welche durch langsame Zersetzung von äthylschwefelsaurem Kalium oder aus einer mit Schwefelsäure versetzten alkoholischen Kalilösung erhalten wurden, außerdem noch: $k\{012\}$, $z\{121\}$, $l\{120\}$, $y\{211\}$, $b\{010\}$. Rammelsberg[17]) beschrieb (irrtümlich unter anderer Formel) Tafeln nach $c\{001\}$ mit $o\{111\}$ vorherrschend, untergeordnet $x\{113\}$, $s\{102\}$, $a\{100\}$, $n\{210\}$ und $q\{011\}$, ferner etwas nach der $a$-Axe verlängerte Krystalle der Combination: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $k\{012\}$, $o\{111\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$.

Fig. 586.




15) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1906, **29**, 332. (Für die drei berechneten Winkel gibt der Verf. die irrtümlichen Werte 47°2′, 41°48′ und 50°47′ an.)

16) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1856, (5) **9**, 6. Oeuvres **1**, 436.

17) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, **97**, 92.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Tschermak: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 76°22'$ | 78°18' | — | — |
| $x:x = (113):(1\bar{1}3)$ | $= 54\ 36$ | 54 34 | — | — |
| $b:z = (010):(121)$ | $= 32\ 26$ | — | 32°22' | — |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0)$ | $= 46\ 35$ | 46 30 | — | 44°—46° |
| $l:l' = (120):(\bar{1}20)$ | $= 60\ 16$ | — | 60 19 | — |
| $c:q = (001):(011)$ | $= 62\ 40$ | 62 33 | 62 36 | — |
| $c:k = (001):(012)$ | $= 44\ 3$ | — | — | 42° 8' |
| $c:u = (001):(021)$ | $= 75\ 31$ | 75 35 | — | — |
| $c:r = (001):(101)$ | $= 66\ 1$ | 66 4 | — | 66 35 |
| $c:s = (001):(102)$ | $= 48\ 20$ | 48 21 | — | 48 44 |
| $c:x = (001):(113)$ | $= 44\ 40$ | 44 48 | 44 46 | 44°—45° |
| $c:o = (001):(111)$ | = — | *71 22 | 71 22 | 71°30' |
| $o:{}_{,}o = (111):(11\bar{1})$ | = — | *88 12 | — | — |
| $x:{}_{,}x = (113):(11\bar{3})$ | $= 64\ 23$ | — | — | — |
| $s:o = (102):(111)$ | $= 41\ 30$ | 41 25 | — | — |
| $s:x = (102):(113)$ | $= 29\ 27$ | 29 25 | — | — |
| $s:q = (102):(011)$ | $= 72\ 14$ | 72 30 | — | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen $c\{001\}$; $a$ 1. Mittellinie; $2E = 81°20'$, Dispersion gering, $\varrho < v$ (Lang[18])).

## Monoammoniumsulfat (Ammoniumbisulfat) = $SO_4(NH_4)H$.

Spec. Gew. 1,815 Goßner[1]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,6128:1:0,7436$ Marignac[10]).

Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$. Das Salz bildet sich aus warmer Lösung von $SO_4(NH_4)_2$ in concentrierter Schwefelsäure beim langsamen Abkühlen. Marignac (l. c. 40 bzw. 516) beschreibt nach der $c$-Axe langprismatische Krystalle, mit $a$ und $b$ vorherrschend; $m$ ist meist nur sehr schmal. Goßner beobachtete dicke Tafeln, $b$, $m$ und $q$ in ungefähr gleich starker Entwickelung; die Krystalle enthielten eine isomorphe Beimengung von $SO_4KH$ und waren aus einer Lösung in nicht ganz concentrierter Schwefelsäure im Vacuum erhalten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m = (100):(110)$ | = — | *31°30' |
| $b:q = (010):(011)$ | = — | *53 22 |
| $m:q = (110):(011)$ | $= 71°50'$ | 72 10 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ sehr vollkommen; nach $c\{001\}$ unvollkommen (Goßner).

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; Axe $c$ 1. Mittellinie; $2V$ circa 93°, Dispersion schwach (Goßner).

## Isomorphe Mischung von Monokalium- und Monoammoniumsulfat = $SO_4(K,NH_4)H$.

Spec. Gew. 2,040—2,200 Goßner[1]).

Monoklin prismatisch.

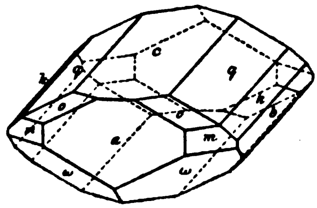
$$a:b:c = 0,5830:1:0,5012;\quad \beta = 104°20' \text{ Goßner}^{1)}.$$

18) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **51**, 95.

Bei freiwilliger Verdunstung einer gleiche Moleküle der Salze und freie Schwefelsäure enthaltenden Lösung große Tafeln $c\{001\}$ mit $\omega\{11\bar{1}\}$, $q\{011\}$ und $a\{100\}$; durch langsame Abkühlung warmer Lösung oft die flächenreiche Combination Fig. 587: $c\{001\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $k\{021\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:q = (001):(011) =$ | 25° 54′ | 25° 53′ |
| $c:k = (001):(021) =$ | — | *44 10 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 36 28 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *45 52 |
| $c:o = (001):(111) =$ | 38 25 | 39 1 |
| $c':\omega = (00\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | — | *50 41 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 75 40 | 75 50 |
| $c:m = (001):(110) =$ | 77 33 | 77 39 |
| $a:m = (100):(110) =$ | 29 28 | 29 11 |
| $a:q = (100):(011) =$ | 77 8 | 77 21 |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | 60 26 | 60 22 |
| $a:o = (100):(111) =$ | 44 19 | — |

Fig. 587.




Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $c\{001\}$ ein Axenbild ganz am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar, nach hinten geneigt; in einem Schliffe, annähernd senkrecht zur $a$-Axe, sind beide Axenbilder am Rande des Gesichtsfeldes zu sehen.

## Monokaliumselenat = $SeO_4KH$.

Spec. Gew. 2,640 Goßner (Privatmitt.).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}8680 : 1 : 1{,}9375$$ Topsøe[19]).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $x\{113\}$, $r\{101\}$, $s\{102\}$, $b\{010\}$. Mitscherlich[20]) stellte das Salz zuerst dar aus einer Lösung von $SeO_4K_2$ in überschüssiger Selensäure und beschrieb es als isomorph mit dem Sulfate. Eine ausführlichere Untersuchung gab Topsøe. Krystalle meist tafelig nach $c$; öfters verlängert nach der $b$-Axe; $b$ meist ungeordnet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:{}_{,}o = (111):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 88° 39′ | *88° 28′ |
| $x:{}_{,}x = (113):(1\bar{1}\bar{3}) =$ | 64 1 | — |
| $o:r = (111):(101) =$ | — | *38 23 |
| $x:x = (113):(1\bar{1}3) =$ | 54 44 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *71 18½ |
| $x:c = (113):(001) =$ | 44 35 | 44 43½ |
| $c:r = (001):(101) =$ | 65 52 | 66 3 |
| $c:s = (001):(102) =$ | 48 8 | 48 11 |
| $r:x = (101):(113) =$ | 39 12 | 39 1 |
| $s:o = (102):(111) =$ | 41 42 | 41 36 |
| $s:x = (102):(113) =$ | 29 32 | 29 28 |
| $x:o = (113):(\bar{1}11) =$ | 82 15 | 82 24 |

Spaltbarkeit nicht zu beobachten.

Doppelbrechung positiv, stark; Ebene der optischen Axen $c\{001\}$; Axe $a$ 1. Mittellinie; $2V = 85°$ ca., Dispersion schwach, $\varrho < v$ (Goßner, Privatmitt.).

19) Topsøe, Kryst.-kem. Undersøg. o. de selensure Salte. Dissert. Kopenhagen 1870, 13.

20) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1830, 18, 168. Ges. Schriften 272.

### Monoammoniumselenat = $SeO_4(NH_4)H$.

Spec. Gew. 2,409 Topsøe[19]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,568:1:0,678$ Topsøe[19]).

Topsøe (l. c. 14) beobachtete die Formen: $b\{010\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$. Krystalle meist prismatisch nach der $c$-Axe, oft auch tafelig nach $b$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:m = (010):(110) =$ | — | *60° 24′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 68° 18′ | 70 54 |
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *73 54 |

### Oktokaliumheptasulfat = $(SO_4)_7K_8H_6$.

Spec. Gew. 2,245 Wyrouboff[5]), 2,327 Stortenbeker[6]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6899:1:2,2210$; $\beta = 102°5'$ Wyrouboff[5]).

Durch sehr langsame Verdunstung einer Lösung von $SO_4KH$ erhielt W. dünne Nadeln, gebildet von $c\{001\}$ und $b\{010\}$, mit den Endflächen $m\{110\}$, $n\{210\}$, $r\{101\}$, $s\{\bar{1}03\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *68° approx. |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *80 » |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 37° 17′ | 37 » |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *62 » |
| $s:c = (\bar{1}03):(001) =$ | 88 37 | 88 » |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\perp\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 29° im stumpfen Winkel $\beta$ mit kaum bemerkbarer Dispersion; $2H = 39°5'$ rot, 37° 50′ grün.

### Trikaliumdisulfat = $(SO_4)_2K_3H$.

Spec. Gew. 2,599 Goßner[7]), 2,587 Stortenbeker[6]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,769:1:2,628$; $\beta = 102°42'$ Marignac[16]).

Bildet sich aus einer Lösung von $SO_4KH$, nachdem sich zuerst $SO_4K_2$ abgeschieden hat. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $q\{011\}$; letzteres selten. Marignac (l. c. 7 bzw. 437) beschrieb scheinbar einfache monokline Krystalle; sie waren teils dünne Tafeln, teils oktaëderähnliche oder auch rhomboëderähnliche Combinationen. Die letzteren beobachtete auch Scacchi[12]) (l. c. 8) und hielt sie für wirkliche Rhomboëder, während er tafelige Krystalle mit $c$, $a$, $\varrho$ und $\omega$, wohl irrtümlich, als $(SO_4)_5K_6H_4$ gemessen hat. Wyrouboff[21]) wies auf Grund der optischen Untersuchung den complicierten Zwillingsaufbau aus drei Sectorenpaaren nach; die Zwillinge besitzen gemeinsame Basis, also sind die Zwillingsebenen senkrecht zu dieser Fläche; die drei Sectorenpaare durchkreuzen einander unter ca. 60°. Die von Goßner untersuchten Krystalle waren hexagonale Tafeln $c\{001\}$ mit den Randflächen $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und zwar Drillinge nach demselben Gesetze; die Zwillingsgrenzen und ebenso die beim Erwärmen entstehenden Zwillingslamellen standen senkrecht zu den Seiten des Hexagons.

---

21) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1880, 3, 209. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 636.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Scacchi: |
|---|---|---|---|
| $c:a = (001):(100) =$ | 77° 19′ | 77° 0′ | 76° 57′ |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | — | *65 4 | — |
| $c:o = (001):(111) =$ | — | *65 45 | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 77 7 | 77 12 | 77 14 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *105 4 | — |
| $\omega:\omega' = (11\bar{1}):(\bar{1}11) =$ | 63 53 | 64 0 ca. | 65 44 |
| $c:q = (001):(011) =$ | 68 41 | 68 20 | — |
| $a:q = (100):(011) =$ | 85 25 | — | — |
| $a:o = (100):(111) =$ | 58 8 | — | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | 65 14 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen (Goßner).

Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen $\perp (010)$; 1. Mittellinie nahezu parallel der $a$-Axe; $2H_a = 59°—59\frac{1}{2}°$ (Wyrouboff).

## Triammoniumdisulfat = $(SO_4)_2(NH_4)_3H$.

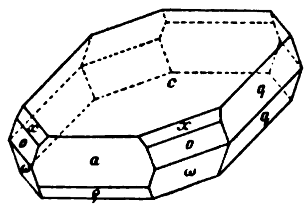
Spec. Gew. 1,831 Goßner[7]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}7390:1:2{,}6474$; $\beta = 102°6'$ Marignac[10]).

Das Salz entsteht nach Mitscherlich[22]) beim Erkalten einer heiß gesättigten Lösung gleicher Moleküle von $SO_4(NH_4)_2$ und $SO_4H_2$. Beobachtete Formen (Fig. 588): $c\{001\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $x\{113\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$. Marignac (l. c. 38 bzw. 515) untersuchte Krystalle der Combination Fig. 588 ohne $\varrho$ und gibt $x$ als selten an; Wyrouboff[21]) (l. c. 208) beobachtete statt des letzteren $\varrho\{10\bar{1}\}$. Scacchi[12]) (l. c. 9) beschrieb die Krystalle, wie diejenigen des Kaliumsalzes, als trigonale Combinationen von $\{111\}$ ($c$) mit $\{100\}$ ($a$, $\omega$), $\{110\}$ ($o$, $\varrho$) usw. Goßner[7]) erhielt sechsseitige Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen $a$, $o$, $\omega$, seltener $\varrho$.

Fig. 588.



| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *104° 56′ | 104° 54′ |
| $c:o = (001):(111) =$ | — | *66 10 | 66 20 |
| $c:a = (001):(100) =$ | — | *77 54 | 78 0 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 57° 58′ | 58 0 | — |
| $a:q = (100):(011) =$ | 85 40 | — | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 115 24 | 115 0 | — |
| $c:\omega = (001):(11\bar{1}) =$ | 102 51 | 103 0 | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | 64 37 | 64 50 | — |
| $c:q = (001):(011) =$ | 68 53 | 69 0 | — |
| $c:x = (001):(113) =$ | 41 59 | 42 ca. | — |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | 65 27 | — | 65 57 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 69 58 | — | —. |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp b\{010\}$, 1. Mittellinie in $\{010\}$ unter 78° zur $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; $2H = 55\frac{1}{2}°$ (Wyrouboff).

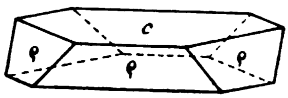
22) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1836, 39, 195. Ges. Schriften 428.

**Trithallodisulfat = $(SO_4)_2Tl_3H$**

Trigonal. $\alpha = 42^\circ 55'$ ($a : c = 1 : 3{,}717$) Goßner[7]).

Das zuerst von Stortenbeker[3]) (l. c. 88) dargestellte Salz bildet nach Goßner[7]) (l. c. 162) dünne Tafeln nach $c\{111\}$ begrenzt von $\varrho\{110\}$ (Fig. 589).

Fig. 589.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c : \varrho = (111) : (110) =$ | — | *65° 1′ |
| $\varrho : \varrho = (110) : (101) =$ | 103°26′ | 103 26 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$.
Doppelbrechung negativ, mittelstark.

## Wasserfreie normale Sulfate, Chromate usw. einwertiger Metalle und analoger Atomgruppen.

**Lithiumsulfat** = $SO_4Li_2$ krystallisiert nach Wyrouboff[1]) aus dem Schmelzflusse in einer kubischen Modification, welche sich bei ca. 500° in eine sehr labile von äußerst schwacher Doppelbrechung umwandelt; bei etwas weiter gehender Abkühlung zerfällt die Masse in oktaëderähnliche Spaltungsstücke der bei gewöhnlicher Temperatur stabilen monoklinen Modification. Erhitzt man eine Spaltungslamelle derselben, so bleibt sie unverändert bis gegen 500°, dann nimmt die Doppelbrechung sehr rasch ab und plötzlich findet die Umwandlung in die kubische Modification statt. Wurde nicht weit über diese Umwandlungstemperatur erhitzt, so treten beim Abkühlen Zwillingslamellen auf, und zwar in Platten nach $\{101\}$ und $\{10\bar{1}\}$ parallel $\{011\}$ und in Platten nach $\{011\}$ parallel $\{101\}$ und $\{10\bar{1}\}$. Hiernach scheint es, daß der Zwischenzustand keine besondere Modification darstellt, sondern nur einen polysynthetischen Zwillingsbau, dessen sehr schwache Doppelbrechung durch Compensation der stärkeren Doppelbrechung der Lamellen hervorgebracht wird. In der Tat haben Hüttner und Tammann[2]) bei der Bestimmung der Abkühlungscurven der Schmelze nur einen enantiotropen Umwandlungspunkt (575°) constatieren können. Lithiumselenat und -chromat sind nicht untersucht.

Das schwefelsaure Lithium ist mit keinem der Sulfate der übrigen Alkalimetalle isomorph und bildet daher keine Mischungen mit ihnen, sondern intermediäre Verbindungen von anderer Krystallform, in denen ein Lithiumatom durch eines der anderen Metallatome (bzw. durch Ammonium) vertreten wird. Diese Doppelsalze krystallisieren aber verschieden, je nachdem das zweite Atom Natrium ist oder der Gruppe: $K$, $Rb$, $Cs$, $NH_4$ angehört. **Lithiumnatriumsulfat** = $SO_4NaLi$ krystallisiert trigonal mit unzweifelhaft rhomboëdrischer Krystallstructur, dagegen ist die Symmetrie von **Lithiumkaliumsulfat** = $SO_4KLi$ eine hexagonale und mit optischem Drehungsvermögen verbunden, welches auf einen mimetischen Aufbau aus pseudohexagonalen Lamellen hindeutet. Dementsprechend verhalten

1) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 316. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 285.
2) Hüttner u. Tammann, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1905, **43**, 215.

sich auch beide Doppelsalze ganz verschieden in höheren Temperaturen, wie Nacken[3]) nachgewiesen hat: das erstere ist nur bis 520° stabil und zerfällt dann in einfachbrechende Mischung seiner beiden Componenten, das zweite wandelt sich bei 435° in eine zweite, ebenfalls doppeltbrechende Modification um, welche bis zum Schmelzpunkte stabil bleibt. Wyrouboff[4]) gibt an, daß die sehr schwache Doppelbrechung von $SO_4KLi$ beim Erwärmen zunimmt, das Salz aber einaxig bleibt bis gegen 500°; alsdann tritt nach ihm eine plötzliche, aber reversible Umwandlung in ein pseudohexagonales Drillingsaggregat zweiaxiger Krystalle von verhältnismäßig starker Doppelbrechung ein. Die gleiche Umwandlung erfährt das mit dem Kaliumsalze isomorphe **Lithumrubidiumsulfat** = $SO_4RbLi$ nach demselben Beobachter bei 400°, aber hier zeigen die Krystalle auch bei gewöhnlicher Temperatur zuweilen eine Zusammensetzung aus schwach zweiaxigen Sectoren, deren Axenebenen einander unter 60° schneiden. **Lithiumammoniumsulfat** = $SO_4(NH_4)Li$ krystallisiert in zwei rhombischen Modificationen, von welchen die in niederer Temperatur stabile ($\alpha$) keine Ähnlichkeit mit den vorhergehenden Salzen zeigt, die zweite dagegen pseudohexagonale Krystalle bildet, deren Winkel von denen hexagonaler Krystalle kaum zu unterscheiden sind und mit denen von $SO_4KLi$ und $SO_4RbLi$ übereinstimmen; von den Krystallen dieser beiden Salze unterscheiden sich die der $\beta$-Modification nur dadurch, daß sie deutliche rhombische Drillinge sind, während bei jenen die Drillingsbildung meist eine derartige ist, daß die Krystalle sich wie einfache hexagonale verhalten. Dementsprechend bilden $\beta$-$SO_4(NH_4)Li$ und $SO_4KLi$ auch isomorphe Mischungen mit einander, deren Krystalle die Drillingsbildung sehr deutlich erkennen lassen. Nach Wyrouboff[4]) (l. c. 220) existiert aber noch eine sehr labile dritte Modification des Ammoniumsalzes, welche bei rascher und starker Abkühlung der pseudohexagonalen Krystalle entsteht und nach ihren optischen Eigenschaften monoklin ist. Mit dem Lithiumkaliumsulfate sind ferner isomorph: **Lithiumkaliumselenat** = $SeO_4KLi$, dessen Krystalle geometrisch vollkommen hexagonal erscheinen, durch die optischen Eigenschaften jedoch ihre Zusammensetzung aus Krystallen von niederer Symmetrie zeigen, **Lithiumkaliumchromat** = $CrO_4KLi$, welches zwar nicht in meßbaren Krystallen erhalten werden konnte, dessen Mischungen mit dem Sulfate jedoch mit letzterem vollkommene Übereinstimmung zeigten, endlich wahrscheinlich auch **Lithiumkaliummolybdat** = $MoO_4KLi$, von welchem allerdings nur Mischkrystalle mit weit überwiegendem Sulfate als isomorph mit letzterem bestimmt werden konnten.

**Natriumsulfat** = $SO_4Na_2$ krystallisiert rhombisch; nach Mügge[5]) geht es bei etwa 200° in ein Aggregat schwach oder nicht doppeltbrechender (wahrscheinlich optisch einaxiger) Partikel über, und ein ähnlich sich verhaltendes Aggregat einaxiger, schwach negativ doppeltbrechender Partikel

3) Nacken, N. Jahrb. f. Min. usw. 1907, Beil.-Bd. **24**, 36 f.
4) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 224. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 278.
5) Mügge, N. Jahrb. f. Min. usw. 1884, **2**, 3. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 325.

bildet sich aus dem Schmelzflusse. Wyrouboff[6]) will in höherer Temperatur drei verschiedene Modificationen beobachtet haben, doch wurde durch die thermischen Untersuchungen von Hüttner und Tammann[2]), von Kurnakow und Žemcžužniy[7]) und von Borke[8]) nur eine einzige Umwandlung nachgewiesen, deren Temperatur zu 235° bzw. 253° und 239° gefunden wurde; dies bestätigte auch Nacken[3]) (l. c. 28), welcher beobachtete, daß ein Dünnschliff nach $c\{001\}$, welcher Zwillingspartien und lebhafte Interferenzfarben zeigte, bei etwa 230° einfachbrechend wurde. Mit der bei gewöhnlicher Temperatur stabilen rhombischen Form des Natriumsulfates sind isomorph **Natriumchromat** und **-selenat** = $CrO_4Na_2$ und $SeO_4Na_2$ (Retgers[9]) gibt allerdings an, aus gemischten Lösungen von Sulfat und Chromat farblose oder nur schwach gelblich gefärbte Bipyramiden des ersteren neben gelben Prismen des letzteren erhalten zu haben, hat die Krystalle aber nicht näher untersucht). Ganz mit diesen drei Natriumsalzen übereinstimmende Krystallformen und Cohäsionsverhältnisse zeigen aber auch **Silbersulfat** = $SO_4Ag_2$ und **Silberselenat** = $SeO_4Ag_2$; die von Retgers[9]) (l. c. 31) versuchte Darstellung isomorpher Mischungen von Natrium- und Silbersulfat scheiterte allerdings an der Schwerlöslichkeit des letzteren Salzes, und aus demselben Grunde ist das **Silberchromat** = $CrO_4Ag_2$ überhaupt noch nicht in meßbaren Krystallen erhalten worden; das letztere Salz scheint übrigens außer der orangerothen Modification noch eine zweite, dunkelgrüne zu besitzen, und auch aus diesem Grunde dürfte die Darstellung isomorpher Mischungen desselben mit dem Sulfate Schwierigkeiten begegnen. Jedenfalls handelt es sich aber hier um eine isomorphe Gruppe, deren topische Axenverhältnisse jedenfalls eine regelmäßige Beziehung zu dem Atomgewichte der Bestandteile zeigen würden, wenn dieselben genau festgestellt wären, d. h. wenn sichere Bestimmungen der specifischen Gewichte dieser Körper vorlägen. Da dies nicht der Fall ist, können die in folgender Tabelle zusammengestellten Werte nur als vorläufig gelten:

| | $V$ | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ |
|---|---|---|---|---|
| $SO_4Na_2$: | $V =$ 141,1 | $\chi =$ 2,454 | $\psi =$ 5,186 | $\omega =$ 4,147 |
| $CrO_4Na_2$: | 161,0 | 2,517 | 5,421 | 4,332 |
| $SeO_4Na_2$: | 187,9 | 2,585 | 5,266 | 4,295 |
| $SO_4Ag_2$: | 309,6 | 2,468 | 5,350 | 4,322 |
| $SeO_4Ag_2$: | 356,4 | 2,510 | 5,422 | 4,319 |

Ob dieser Gruppe auch das **Natriumuranat** = $UO_4Na_2$ angehört, welches nach Michel[10]) rhombische Prismen von 58°36′ mit $\{001\}$ und $\{010\}$ bildet, ist zweifelhaft, da die Krystalle andere Cohäsionsverhältnisse

6) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1900, **13**, 311. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 284.
7) Kurnakow u. Žemcžužniy, Journ. soc. phys. chim. St. Pétersbourg 1905, **37**, 230.
8) Borke, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1906, **50**, 338.
9) Retgers, Zeitschr. f. physik. Chemie 1891, **8**, 51. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 598.
10) Michel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 72. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 266.

(Spaltbarkeit nach {110}) zeigen. Ganz verschieden von den beiden a. v. S. angeführten Silbersalzen krystallisiert nach Muthmann[11]) das **Silbermolybdat** $= MoO_4Ag_2$, nämlich in regulären Oktaëdern mit untergeordnetem {311}.

In Lösungen, welche Natriumsulfat neben Kaliumsulfat enthielten, wurde häufig die Bildung optisch einaxiger Krystalle beobachtet, und mehrfach hat man diese als »hexagonales schwefelsaures Kalium« beschrieben. Es zeigte sich aber, daß diese Krystalle stets Natrium enthalten, und eine Reihe von Analysen, besonders diejenigen gut meßbarer Krystalle, führten auf das Verhältnis $Na : K = 1 : 3$, während andere nicht unerheblich davon abwichen. Da nun aus diesen Lösungen sich zugleich auch Krystalle von Natrium- oder Kaliumsulfat abscheiden können und die des letzteren Salzes sogar regelmäßige Verwachsungen mit den optisch einaxigen Krystallen bilden, so dürfte die Ursache jener Abweichungen am wahrscheinlichsten in der Inhomogenität der analysierten Krystalle begründet sein. In der Tat wies Retgers[12]) durch sorgfältige Untersuchung nach, daß es sich um ein Doppelsalz von der Zusammensetzung $(SO_4)_2K_3Na$ handelt, welches ein höheres specifisches Gewicht und einen niedrigeren Schmelzpunkt besitzt, als die beiden einfachen Salze, von denen $SO_4K_2$ zwar eine dem Doppelsalze sehr ähnliche Krystallform, aber geringere Doppelbrechung und andere Symmetrieverhältnisse zeigt, während $SO_4Na_2$ überhaupt ganz abweichend krystallisiert. Van't Hoff und Barschall[13]) erhielten allerdings Krystallisationen, welche von der angegebenen Zusammensetzung z. T. erheblich abwichen, und nehmen daher an, daß es sich nicht um ein Doppelsalz von bestimmter Zusammensetzung, sondern um isomorphe Mischungen handelt; abgesehen von dem Umstande, daß auch die Analysen der Genannten sich um so mehr dem Verhältnisse $Na : K = 1 : 3$ nähern, je homogener und besser ausgebildet die untersuchten Krystalle waren, spricht gegen diese Erklärung die Erfahrung, daß Kalium und Natrium einander in derartig einfachen Verbindungen niemals isomorph vertreten. Zur Entscheidung der vorliegenden Frage hat nun neuerdings Nacken[3]) (l. c. 56) die Bedingungen untersucht, unter denen Mischungen von $SO_4K_2$ und $SO_4Na_2$ von verschiedener Zusammensetzung aus dem Schmelzflusse krystallisieren, und hierbei wurde die Existenz des von Retgers angenommenen Doppelsalzes vollkommen bestätigt. Dieses Salz, **Natriumtrikaliumsulfat** (Glaserit) $= (SO_4)_2K_3Na$, bildet trigonale Krystalle, welche aber zuweilen eine Zusammensetzung aus Partien von niedererer Symmetrie erkennen lassen; deutlicher ist diese Zwillings- bzw. Drillingsbildung nachzuweisen bei dem isomorphen **Natriumtrikalium-**

---

11) Muthmann, Zeitschr. f. Krystall. 1889, **15**, 387.

12) Retgers, Zeitschr. f. physik. Chemie 1890, **6**, 205 f.

13) Van't Hoff u. Barschall, Sitzungsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1903, 359. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 668. S. auch die Bemerkungen von Goßner, Zeitschr. f. Krystall. 1906, **41**, 669, und von van't Hoff u. Barschall, Zeitschr. f. physik. Chemie 1906, **56**, 212.

**chromat** $= (CrO_4)_2K_3Na$, dessen pseudotrigonale Krystalle sogar die Bestimmung der krystallographischen Elemente der sie zusammensetzenden monoklinen Einzelkrystalle gestatteten; aus warmen Lösungen krystallisiert das Chromat in optisch einaxigen, streng trigonalen Krystallen, aber Partien dieser Beschaffenheit sind auch in monoklinen Drillingen nachzuweisen, so daß diese Form, welche auch das gleiche spec. Gewicht besitzt, zu der monoklinen jedenfalls nur im Verhältnisse der Polysymmetrie steht. Die gleichen Erscheinungen zeigt endlich auch das **Natriumtrikaliumselenat** $= (SeO_4)_2K_3Na$, welches bereits Retgers[9]) (l. c. 62) in optisch einaxigen hexagonalen Tafeln erhielt; Wyrouboff[14]) fand, daß dieses von den drei isomorphen Doppelsalzen das stabilste sei und sich bei verschiedenen Temperaturen ohne Dissociation umkrystallisieren lasse; die von ihm bei 5°—10° erhaltenen Krystalle sind Drillinge, deren Einzelkrystalle einen Axenwinkel $2E$ von 43° zeigen; bei höherer Krystallisationstemperatur wird der Axenwinkel kleiner und bei 40°—45° resultieren fast einaxige Drillingsgebilde; auch durch Erwärmen der ersteren Krystalle wird eine immer innigere Verzwilligung hervorgerufen und gegen 75° tritt unter continuierlicher Abnahme der Doppelbrechung allmählich vollständige Einaxigkeit ein, welche beim Abkühlen ebenso allmählich wieder in Zweiaxigkeit übergeht; erhitzt man aber nahe bis zur Zersetzungstemperatur, so verwandelt sich plötzlich der Krystall in einen einaxigen von viel stärkerer Doppelbrechung; während es sich im ersteren Falle offenbar um Polysymmetrie handelt (vgl. auch Einleitung S. 6), findet im letzteren unzweifelhaft eine wirkliche polymorphe Umwandlung in eine zweite, dimorphe Modification statt, und die gleiche Erscheinung zeigen auch die Krystalle des Sulfates und des Chromates.

Das **Kaliumsulfat** $= SO_4K_2$ bildet das Anfangsglied einer isomorphen Gruppe, welcher für die Entwickelung der Kenntnis der gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Krystallform und chemischer Constitution eine besondere Wichtigkeit zukommt, da einerseits durch Mitscherlichs Entdeckung der Isomorphie des Kaliumselenates mit dem Sulfate die Constitution der Selensäure zuerst erkannt wurde, andererseits durch die mustergültigen Untersuchungen Tuttons zum ersten Male genau die Änderungen festgestellt wurden, welche die Dimensionen der Krystallstructur infolge der Ersetzung eines Alkalimetalles durch ein anderes erfahren. Die rhombischen, ausgezeichnet pseudohexagonalen Krystalle des Kaliumsulfates wandeln sich nach Mallard[15]) über 600° plötzlich in eine hexagonale Modification mit negativer Doppelbrechung um (also wesentlich verschieden von den positiv doppeltbrechenden Krystallen des sog. »hexagonalen Kaliumsulfates«, d. h. des a. vor. S. besprochenen Doppelsalzes); Le Chatelier[16]) fand die Umwandlungstemperatur beim Erwärmen 580°, beim Abkühlen 530°; neuere Be-

14) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1906, **29**, 346.
15) Mallard, Bull. soc. fr. min. 1882, **5**, 219. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 402.
16) Le Chatelier, Bull. soc. fr. min. 1887, **47**, 300.

stimmungen von Hüttner und Tammann[2]), von Kurnakow und Žemčužniy[7]) und von Nacken[3]) ergaben die Werthe: 587° bzw. 610° und 595°. Vollkommen isomorph mit dem Kaliumsulfate sind die folgenden schwefelsauren Salze: **Rubidiumsulfat** = $SO_4Rb_2$, **Cäsiumsulfat** = $SO_4Cs_2$, **Ammoniumsulfat** = $SO_4(NH_4)_2$ und **Thallosulfat** = $SO_4Tl_2$, deren erschöpfende Untersuchung wir Tutton verdanken, welcher folgende Zusammenstellung der topischen Parameter gibt[17]):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $SO_4K_2$: | $V =$ 64,91 | $\chi =$ 3,8810 | $\psi =$ 3,8574 | $\omega =$ 4,9964 |
| $SO_4Rb_2$: | 73,34 | 4,0304 | 4,0039 | 5,2366 |
| $SO_4Cs_2$: | 84,58 | 4,2187 | 4,1849 | 5,5175 |
| $SO_4(NH_4)_2$: | 74,04 | 4,0792 | 4,0051 | 5,2020 |
| $SO_4Tl_2$: | 73,98 | 4,0820 | 3,9644 | 5,2299 |

Hieraus geht hervor, daß durch die Ersetzung des Kaliums durch Rubidium und des letzteren durch Cäsium eine regelmäßige Zunahme aller Dimensionen der Krystallstructur hervorgebracht wird (und dieser Gesetzmäßigkeit folgen auch die optischen Eigenschaften); während also hier der Zunahme des Atomgewichtes eine solche der Raumerfüllung entspricht, gilt eine solche Gesetzmäßigkeit für das Ammonium- und Thalliumsalz nicht; die Werte ihres Äquivalentvolumens und ihrer topischen Parameter stehen vielmehr sehr nahe dem Rubidiumsalze, und die abweichende Natur des Thalliums zeigt sich außerdem durch den großen Unterschied der Brechbarkeit von derjenigen der übrigen Glieder dieser Gruppe. Von den isomorphen Mischungen der ihr angehörigen Körper sind eingehend untersucht worden diejenigen von Kalium- und Ammoniumsulfat. Nach Retgers[18]) bilden beide Salze eine continuierliche Mischungsreihe mit genauer Proportionalität zwischen dem spec. Gewichte und der Zusammensetzung der Mischkrystalle. Eine ausführliche Untersuchung über das Verhältnis der beiden Salze in den Mischkrystallen und in der Lösung, aus welcher sich dieselben absetzen, stellte Fock[19]) an; nach Wyrouboff[20]) erfährt der stumpfe Winkel der optischen Axen des Kaliumsulfates durch Beimischung des Ammoniumsalzes eine so starke Verminderung, daß derselbe bei einem Gehalte von 18% des letzteren für Rot Null wird und die Axen bei weiterem Steigen des Ammoniumgehaltes in {001} aus einander gehen; die Messungen Wyrouboffs, welche bis zu einem Gehalte von 30% reichen, fand Mallard[21]) ziemlich gut übereinstimmend mit seinen Formeln für die optischen Constanten isomorpher Mischungen; dagegen wies Wulff[22]) später nach, daß bei Einführung der inzwischen genauer bestimmten optischen

17) Tutton, Proceed. R. Soc. Lond. 1907, **79**, 370. Zeitschr. f. Krystall. 1907, **44**, 130.
18) Retgers, Zeitschr. f. physik. Chemie 1889, **8**, 497. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 625.
19) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1897, **28**, 373.
20) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1879, **2**, 96. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **4**, 415.
21) Mallard, Bull. soc. fr. min. 1880, **3**, 3. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 312.
22) G. Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1906, **42**, 569.

Constanten der reinen Salze jene Übereinstimmung nicht vorhanden sei und daß die untersuchten Krystalle wahrscheinlich inhomogen gewesen seien. Da die von ihm dargestellten Mischkrystalle sich ebenso verhielten und es nicht gelang, Mischkrystalle von $SO_4K_2$ und $SO_4Cs_2$, welche einen noch größeren Unterschied des Äquivalentvolumens zeigen, darzustellen, indem beide Salze getrennt krystallisierten, so wurde das Salzpaar $SO_4Rb_2—SO_4(NH_4)_2$, mit fast genau gleichem Äquivalentvolumen (s. Tab. S. 323) untersucht; dieses lieferte vollkommen homogene Mischkrystalle von sehr verschiedenem Gehalte, deren optische Untersuchung jedoch ebenfalls zu dem Resultate führte, daß eine einfache Beziehung der Doppelbrechung der Mischkrystalle zu ihrer Zusammensetzung nicht existiere. Endlich liegt noch eine Untersuchung über die Mischbarkeit von $SO_4K_2$ und $SO_4Tl_2$ vor: Stortenbeker[23]) fand, daß beide Salze eine continuierliche Mischungsreihe bilden und die Ausbildung der Mischkrystalle beim Vorherrschen des einen Salzes sich diesem nähert, während Mischungen von mittlerer Zusammensetzung nur unvollkommen krystallisieren.

Von den schwefelsauren Salzen hier in Betracht kommender, substituierter Ammoniumbasen ist nur das monoklin krystallisierende **Hydroxylaminsulfat** $= SO_4H_2(NH_2.OH)_2$ gemessen worden; seine Krystallform zeigt keinerlei Beziehung zu der des Ammoniumsulfates.

Für die den vorher betrachteten Sulfaten entsprechenden chromsauren Salze fehlt es an einer ebenso vollständigen und genauen systematischen Untersuchung, wie es diejenige von Tutton ist. **Kaliumchromat** $= CrO_4K_2$ ist vollkommen isomorph mit dem Sulfate und bildet mit demselben Mischungen in mannigfachen Verhältnissen, deren Schmelzcurve nach Le Chatelier[24]) eine continuierliche ist; die Mischungsreihe der aus wässeriger Lösung erhaltenen Krystalle scheint jedoch eine Lücke zu besitzen, wenigstens krystallisieren Mischungen mit höherem Gehalte an Chromat schwierig und in weniger homogenen Krystallen; Wyrouboff[20]) und Mallard[21]) konnten daher die Änderung des Winkels der optischen Axen nur bis zu einem Gehalte von 44% $CrO_4K_2$, bei welchem der stumpfe Winkel bis zu dem Werte des reinen Chromates abgenommen hatte, bestimmen. Auch die krystallographischen und optischen Messungen von Corio[25]) beziehen sich meist auf Mischungen mit vorwiegendem Sulfate. Über das Verhältnis der Zusammensammensetzung der Mischkrystalle zu derjenigen der Lösung, aus welcher sich dieselben ausscheiden, liegen Untersuchungen vor von Hertz und Fock[19]) (l. c. 378), sowie von Stibing[26]); Letzterer führte auch eine größere Reihe von Messungen der Mischkrystalle aus und fand, daß deren topische

23) Stortenbeker, Rec. trav. chim. Pays-Bas 1905, **24**, 55. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **43**, 599.

24) Le Chatelier, Compt. rend. 1894, **118**, 350. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **26**, 107.

25) Corio, Atti Soc. d. Sc. Nat. Modena 1898, **16**, 73. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 524.

26) Stibing, Zeitschr. f. Krystallogr. 1906, **41**, 611.

Parameter mit steigendem Gehalte an $CrO_4K_2$ ziemlich regelmäßig zunehmen; gut meßbare einfache Krystalle wurden jedoch fast nur bei sehr kleinem Chromatgehalte gefunden, und namentlich die mittleren Mischungen krystallisierten meist sehr unvollkommen. **Rubidiumchromat** = $CrO_4Rb_2$ und **Cäsiumchromat** = $CrO_4Cs_2$ bieten rhombische Formen dar, welche mit denen des Kaliumsalzes vollständige Isomorphie zeigen, von der Cäsiumverbindung wurde aber außerdem unter noch nicht aufgeklärten Umständen eine labile trigonale Modification erhalten. Im Gegensatze zu den bisher betrachteten Salzen dieser Gruppe krystallisiert das **Ammoniumchromat** = $CrO_4(NH_4)_2$ monoklin; daß dies aber auf einer Dimorphie des Salzes beruht, beweist der Umstand, daß dasselbe nach Wyrouboffs Versuchen[27]) mit Ammoniumsulfat bis zu 50% Mischungen in der rhombischen Form bildet; dann folgt, wie gewöhnlich bei isodimorphen Salzpaaren, eine Lücke in der Mischungsreihe, und von 86% $CrO_4(NH_4)_2$ ab krystallisieren die Mischungen in der monoklinen Form des reinen Chromates; bringt man einen Krystall des letzteren in eine gesättigte Lösung von $SO_4(NH_4)_2$, so setzen sich rhombische Kryställchen des Sulfates mit parallelen Prismenflächen darauf ab, was dafür spricht, daß auch die monokline Form dieser Salze eine pseudohexagonale Krystallstructur besitzt. Von hierher gehörigen Salzen der Alkylderivate des Ammoniums ist nur das **Tetramethylammoniumchromat** = $CrO_4(N.4CH_3)_2$ gemessen worden; dasselbe krystallisiert in rhombischen Bipyramiden, welche eine auffallende Ähnlichkeit mit denen des Natriumsulfates zeigen. Die Krystallform des wahrscheinlich mit dem Kaliumsalze isomorphen Thallochromates $CrO_4Tl_2$ ist nicht bekannt.

Unzweifelhaft isomorph mit dem Kaliumsulfate bzw. -chromate ist **Kaliummanganat** = $MnO_4K_2$, dessen krystallographische Elemente denen von $CrO_4K_2$ besonders nahe stehen und welches nach Retgers[9]) mit den Sulfaten, Chromaten und Selenaten von $K$, $Rb$ und $Cs$ isomorphe Mischungen bildet. Auch **Kaliumferrat** = $FeO_4K_2$, welches bisher noch nicht in meßbaren Krystallen erhalten wurde, gehört nach Retgers[28]) hierher, da es mit $SO_4K_2$, $CrO_4K$ usw. entsprechend gefärbte Mischkrystalle bildet.

Die Fortsetzung der mit dem Kaliumsulfate isomorphen Reihe bilden ferner die selensauren Salze des Kaliums, Rubidiums usw., welche durch Tutton eine ebenso genaue Untersuchung gefunden haben, wie die Sulfate. Da das Gleiche für die Chromate und Manganate nicht der Fall ist, so kann eine sichere Feststellung der Änderung, welche die krystallographischen Dimensionen der Sulfate durch Eintritt von Chrom bzw. Mangan erfahren, nicht stattfinden, doch lehrt eine approximative Berechnung der topischen Parameter von $CrO_4K_2$ und $MnO_4K_2$ und die Vergleichung mit denen von $SO_4K_2$ und $SeO_4K_2$, daß diejenigen des Chromates und Manganates zwischen denen des Sulfates und Selenates, näher an letzterem, liegen und von ein-

27) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 77. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 268.
28) Retgers, Zeitschr. f. physik. Chemie 1892, **10**, 529. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**. 418.

ander sehr wenig verschieden sind. Es scheinen für die gegenseitige Vertretung der säurebildenden Elemente also ähnliche Gesetzmäßigkeiten zu herrschen, wie bei der Ersetzung eines Alkalimetalles durch ein anderes. In vollkommen mit einander übereinstimmenden rhombischen Formen krystallisieren **Kalium-, Rubidium- und Cäsiumselenat** $= SeO_4K_2$ bzw. $SeO_4Rb_2$ und $SeO_4Cs_2$, während **Ammoniumselenat** $= SeO_4(NH_4)_2$ die gleiche Dimorphie zeigt, wie Ammoniumchromat (S. 325); in reinem Zustande krystallisiert es monoklin, isomorph mit dem chromsauren Salze, und nur in Mischungen mit den rhombischen Salzen nimmt es deren Form an. Zu diesen Mischungen, und zwar wahrscheinlich mit Ammoniumsulfat, gehören nach Tutton[29]) auch die früher als reines Ammoniumselenat beschriebenen rhombischen Krystalle; Derselbe wies ferner nach, daß $SeO_4(NH_4)_2$ auch mit $SeO_4K_2$ und $SeO_4Rb_2$ rhombische Mischkrystalle zu bilden im Stande sei, und zwar krystallisieren die Mischungen mit letzterem noch rhombisch, selbst wenn sie über 60% Ammoniumsalz enthalten. **Thalloselenat** $= SeO_4Tl_2$ ist nur in der rhombischen Form bekannt. In der folgenden, von Tutton[17]) gegebenen Tabelle ist statt des im reinen Zustande nicht bekannten rhombischen Ammoniumsalzes das monokline unter Berücksichtigung des pseudohexagonalen Charakters desselben eingesetzt worden:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $SeO_4K_2$: | $V = 71,67$ | $\chi = 4,0291$ | $\psi = 4,0068$ | $\omega = 5,1171$ |
| $SeO_4Rb_2$: | 79,94 | 4,1672 | 4,1315 | 5,3461 |
| $SeO_4Cs_2$: | 91,09 | 4,3457 | 4,3040 | 5,6058 |
| $SeO_4(NH_4)_2$: | (81,12) | (4,5939) | (4,2968) | (5,1506) |
| $SeO_4Tl_2$: | 79,61 | 4,1124 | 4,0763 | 5,3189 |

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, daß hier die gleichen Gesetzmäßigkeiten gelten, wie sie Tutton für die Sulfate erkannt hat (s. S. 323), d. h. die Ersetzung von Kalium durch Rubidium und Cäsium bewirkt eine den Atomgewichten entsprechende Zunahme des Volumens und aller Dimensionen der Krystallstructur und eine ebenso regelmäßige Änderung der übrigen physikalischen, besonders der optischen Eigenschaften; daß das Ammoniumsalz in gewissem Sinne ganz aus der Reihe heraustritt, kann nicht Wunder nehmen, da bei diesem ja nicht die correspondierende Modification vorliegt; endlich das Thalliumsalz liegt wieder, wie bei den Sulfaten, dem Rubidiumsalze am nächsten, während es weit jenseits des Cäsiumsalzes liegen müßte, wenn das regelmäßige Forschreiten mit dem Atomgewichte auch für das Thallium gelten würde.

Der bisher betrachteten isomorphen bezw. isodimorphen Reihe gehören nun weiter noch an: **Kalium- und Ammoniummolybdat** $= MoO_4K_2$ und $MoO_4(NH_4)_2$. Ersteres ist zwar seiner Zerfließlichkeit wegen noch nicht gemessen worden, aber Retgers[9]) (l. c. S. 66) erhielt aus gemischten Lösungen

29) Tutton, Journ. Chem. Soc. London 1906, **89**, 1059. Zeitschr. f. Krystall. 1907, **42**, 529.

von $MoO_4K_2$ und $MnO_4K_2$ smaragdgrüne Mischkrystalle und aus reiner Lösung das erstere Salz in schwach doppeltbrechenden, parallel auslöschenden Nadeln; daneben bilden sich monokline Krystalle, von denen zweifelhaft ist, ob es die andere Modification oder ein abweichend zusammengesetztes Salz ist. $MoO_4(NH_4)_2$ krystallisiert monoklin, isomorph mit $CrO_4(NH_4)_2$ und $SeO_4(NH_4)_2$. Wahrscheinlich sind, wie $MoO_4K_2$, auch $MoO_4Rb_2$ und $MoO_4Cs_2$, welche Retgers (l. c. 68) in schwach doppeltbrechenden kleinen Prismen mit paralleler Auslöschung erhielt, mit $SO_4K_2$ usw. isomorph.

**Kaliumwolframat** = $WO_4K_2$ erhielt Marignac[30]) in dünnen, pseudohexagonalen Nadeln, welche er für triklin hielt, ihrer complicierten Zwillingsverwachsung und ihrer Zerfließlichkeit wegen aber nicht entziffern konnte. Retgers[9]) (l. c. 63) beobachtete in der Lösung des Salzes die Bildung von schwach doppeltbrechenden, parallel auslöschenden Nadeln, welche er für identisch mit dem Marignacschen Salze hält, und stark doppeltbrechende, schief auslöschende Prismen (eine zweite Modification oder ein basisches Salz?); nur die ersteren bilden mit $MnO_4K_2$ an ihrer grünen Färbung erkennbare Mischkrystalle, daher Retgers dieselben für rhombisch und isomorph mit $SO_4K_2$ usw. hält; ebensolche Kryställchen erhielt er auch von $WO_4Rb_2$ und $WO_4Cs_2$. Die Marignacschen Krystalle sind jedoch, wie weiterhin gezeigt wird, monokline Zwillinge von der Form derjenigen des Ammoniumselenates und -chromates, deren Winkel innerhalb der Fehlergrenzen mit denen letzterer Salze übereinstimmen. Natürlich bedarf die Kenntnis der Isomorphie der wolframsauren Salze mit den vorhergehenden noch weiterer Vervollständigung.

**Kaliumuranat** = $UO_4K_2$, dargestellt von Grandeau[31]), bildet orangegelbe pseudohexagonale Täfelchen, welche nach Des Cloizeaux (l. c.) rhombisch sind (Doppelbrechung negativ, $2E = 110^\circ$ ca., Dispersion $\varrho > v$, stark). Vielleicht gehören auch diese Krystalle noch der isomorphen Gruppe des Kaliumsulfates an.

Außer den bisher betrachteten Salzen existieren noch einige Sulfate einwertiger Atomgruppen, welche sich chemisch wie ein Metall der Alkaligruppe verhalten, nämlich das rhombisch krystallisierende **Zinntrimethylsulfat** = $SO_4(Sn.3CH_3)_2$, und das **Zinntriäthylsulfat** = $SO_4(Sn.3C_2H_5)_2$, welches eine stabile hexagonale und eine labile regulär-oktaëdrische Form (letztere nur einmal aus alkoholischer Lösung erhalten) besitzt; das **Zinntriäthylselenat** = $SeO_4(Sn.3C_2H_5)_2$ ist dagegen in der letzteren Form stabil, denn es bildet luftbeständige glänzende Oktaëder.

Endlich ist noch die rhombische Krystallform von **Mercurosulfat** = $SO_4Hg_2$ untersucht worden.

---

30) Ch. de Marignac, Ann. chim. phys. 1863, (3) **69**, 18. Oeuvres **2**, 83.
31) Grandeau (Krystallbest. von Des Cloizeaux), Ann. chim. phys. 1886, (6) **8**, 224.

## Lithiumsulfat = $SO_4Li_2$.

Spec. Gew. 2,228 Spring[32], 2,221 Wyrouboff[1], 2,210 Kremers.
Monoklin (pseudooktaëdrisch).

$$a : b : c = 1,0038 : 1 : 1,380; \quad \beta = 92^\circ 8' \text{ Wyrouboff}^{1)}.$$

Der unter Zusatz von etwas freier Schwefelsäure hergestellte Schmelzfluß zerfällt nach dem Erstarren in oktaëderähnliche Spaltungsstücke, welche an feuchter Luft rasch matt werden; Wyrouboff bestimmte deren Winkel unter Annahme der Symbole $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:\varrho = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *72° 4′ |
| $r:q = (101):(011) =$ | — | *69 6 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | — | *70 30 |
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | 71° 54′ | 71 54 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 90 10 | — |

Spaltbarkeit ungefähr gleich vollkommen nach $\{101\}$, $\{10\bar{1}\}$ und $\{011\}$.
Doppelbrechung negativ, ziemlich schwach; Ebene der optischen Axen $\perp$ (010); durch ($\bar{1}01$) beide Axen sichtbar; die 1. Mittellinie bildet mit der Normalen auf ($\bar{1}01$) einen Winkel von 22° und mit der Axe $c$ 31° im spitzen Winkel $\beta$; $2V = 72^\circ 58'$, geringe Dispersion, $\varrho > v$; $\beta = 1,465$.

## Lithiumnatriumsulfat = $SO_4NaLi$.

Spec. Gew. 2,369 Traube[33].
Ditrigonal pyramidal.

$$\alpha = 110^\circ 54' \; (a : c = 1 : 0,5624 \text{ Scacchi}^{34)}).$$

Beobachtete Formen: $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\mu\{11\bar{2}\}$, $r\{100\}$, $\varrho\{\bar{1}00\}$, $s\{22\bar{1}\}$, $x\{31\bar{1}\}$, $\xi\{\bar{3}\bar{1}1\}$; selten und klein $c\{111\}$ und noch seltener $a\{10\bar{1}\}$. Bildet sich nach Traube[33] aus der wässerigen Lösung bei über 50°, aus saurer Lösung und

Fig. 590.

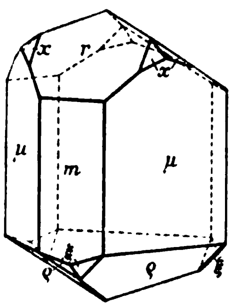



Fig. 591.

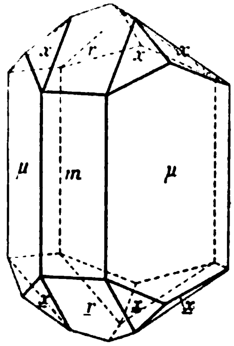
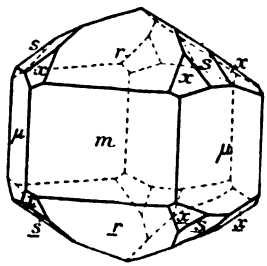



Fig. 592.




aus solcher mit $NaCl$ auch bei gewöhnlicher Temperatur. Traube[33] beobachtete bei 60° die Formen $m$, $\mu$, $r$, $\varrho$, $x$ und $\xi$ (Fig. 590); von den Prismen

32) Spring, Bull. Acad. R. Belg. 1904, 290.
33) Traube, N. Jahrb. f. Min. usw., 1892, **2**, 58; 1894, **1**, 171. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**, 168.
34) A. Scacchi, Atti Accad. sc. fis. e mat. Napoli 1867, **3**, No. 27, 31.

ist *m* glänzend, $\mu$ matt und gewöhnlich größer ausgebildet. Nach Scacchi[34]) treten bei 50° nur Krystalle mit $r$, $\varrho$, $m$ und $\mu$ auf; bei 60° oder aus saurer Lösung kommen die sämtlichen oben erwähnten Formen zur Ausbildung. Meist Zwillinge nach $\{111\}$ s. Fig. 591 (n. Traube) und Fig. 592 (n. Scacchi).

| | Berechnet: | Beobachtet: Scacchi: | Traube: |
|---|---|---|---|
| $m:r = (2\bar{1}\bar{1}):(100)$ | $= 57°\ 0'$ | — | 56° 45' |
| $r:r = (100):(010)$ | $=$ — | *56° 17' | 56 11 |
| $r:x = (100):(31\bar{1})$ | $= 17\ 24$ | — | 17 13 |
| $r:s = (100):(22\bar{1})$ | $= 31\ 36$ | — | — |
| $c:x = (111):(31\bar{1})$ | $= 36\ 51$ | — | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit (Wyrouboff[35])).

Die Ätzfiguren auf *m* sind längliche Rechtecke, schon mit dem bloßen Auge zu erkennen, deren längere Seiten senkrecht zur Prismenkante sind; auf $\mu$ sind die Ätzfiguren ebenfalls Rechtecke, doch sind sie erst unter dem Mikroskope zu erkennen und die längeren Seiten sind parallel den Prismenkanten (Traube[33])).

Doppelbrechung positiv.

Pyroëlektricität: Der Pol der Hauptaxe mit $\varrho$, $\xi$ (s. die Fig. 590) ist der analoge und mit diesem sind die Zwillinge verwachsen, weshalb sie beim Abkühlen an beiden Enden positiv, in der Mitte negativ werden.

## Lithiumkaliumsulfat = $SO_4KLi$.

Spec. Gew. 2,393 Traube[33]).

Hexagonal pyramidal.

$$a:c = 1:1{,}6755 \text{ Traube}^{33})\text{.}$$

Die älteste Untersuchung dieses Salzes stammt von Schabus[36]), welcher dasselbe irrtümlich als Lithiumsulfat bzw. als isomorphe Mischung von $SO_4Li_2$ und $SO_4K_2$ beschrieb. Später wurde die Substanz untersucht von Rammelsberg[37]), Scacchi[34]) (l. c. 47), Wyrouboff[38]), Wulff[39]) und Traube. Schabus, Rammelsberg und Traube beobachteten die Formen: $m\{10\bar{1}0\}$, $c\{0001\}$, $o\{10\bar{1}1\}$; nach Letzterem sind die aus saurer Lösung entstandenen Krystalle prismatisch und zeigen zuweilen untergeordnet auch $a\{11\bar{2}0\}$, während bei 60° Krystalle mit vorherrschendem $o\{10\bar{1}1\}$ erhalten werden. Manchmal sind die Krystalle auch tafelig nach $c\{0001\}$. Scacchi beobachtete noch $i\{10\bar{1}2\}$ mit sehr schmalen Flächen. Wie Traube durch Untersuchung des optischen und pyroëlektrischen Verhaltens, sowie der Ätzfiguren nachgewiesen hat, sind die Krystalle stets Zwillinge, und zwar kommen Verwachsungen nach dreierlei Gesetzen an den scheinbar einfachen Krystallen (Fig. 593 und 594) vor: 1) ein rechter und ein linker Krystall symmetrisch zu $\{000\bar{1}\}$, 2) zwei entgegengesetzte Krystalle symmetrisch zu einer

Fig. 593.

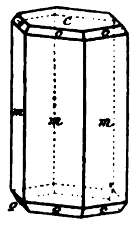
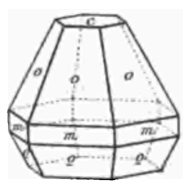


Fig. 594.



35) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1882, **5**, 38. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **8**, 642.

36) Schabus, Best. d. Krystallgest. i. chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 15.

37) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1866, **128**, 313.

38) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1880, **3**, 198; 1882, **5**, 36; 1890, **13**, 215. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **8**, 633, 641; **21**, 277.

39) G. Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1890, **17**, 595; 1893, **21**, 255.

Prismenfläche, 3) Zwillingsaxe die Normale einer Prismenfläche. Johnsen[40]), welcher eine Polarität der Hauptaxe auch durch ungleiche Löslichkeit der Flächen (0001) und (000$\bar{1}$) nachwies, beobachtete sehr selten auch einfache Krystalle.

| | Berechnet: | Beobachtet: Traube: | Schabus: | Rammelsberg: | Scacchi: | Wyrouboff: | Wulff: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $o:c = (10\bar{1}1):(0001) =$ | — | *62° 40′ | 62° 44′ | 62° 30′ | 62° 45′ | 62° 48′ | 62° 39′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 52° 44′ | — | 52 45 | 52 22 | — | — | — |
| $i:c = (10\bar{1}2):(0001) =$ | 44 3 | — | — | — | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{0001\}$ unvollkommen.

Die mit Wasser erzeugten Ätzfiguren auf $o\{10\bar{1}1\}$ sind Paralleltrapeze mit zwei horizontalen Seiten (Traube).

Doppelbrechung negativ, schwach. Brechungsindices nach Wulff:

$$\omega = 1{,}4697\ (C),\quad 1{,}4715\ (D),\quad 1{,}4759\ (F)$$
$$\varepsilon = 1{,}4703\ \text{»}\quad 1{,}4721\ \text{»}\quad 1{,}4762\ \text{»}$$

Die Drehung der Polarisationsebene[41]) fand Wulff für $Na$ und 1 mm = 2,8°—3,0°, Traube = 3,3°—3,8°, jedenfalls zu niedrig, da die Krystalle stets Lamellen von entgegengesetzter Drehung enthalten.

Der analoge Pol der elektrischen Axe liegt in $c(0001)$, daher Zwillinge des 1. Gesetzes von der Form Fig. 593 beim Abkühlen an beiden Enden positiv, in der Mitte negativ elektrisch werden (Traube).

### Lithiumrubidiumsulfat = $SO_4RbLi$.

Hexagonal pyramidal.

$a : c = 1 : 1{,}6472$ Wyrouboff[38]).

Ziemlich große, aber meist gestreifte, prismatische Krystalle der Combination: $m\{10\bar{1}0\}$, $c\{0001\}$, $o\{10\bar{1}1\}$, $i\{10\bar{1}2\}$; ob dieselben ebenso, wie diejenigen des isomorphen Kaliumsalzes (Fig. 593), Zwillinge sind, wäre durch Untersuchung des pyroëlektrischen Verhaltens und der Ätzfiguren noch zu entscheiden.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $i : c = (10\bar{1}2) : (0001) =$ | — | *43° 34′ |
| $o : c = (10\bar{1}1) : (0001) =$ | 62° 16′ | 61 57 |

Spaltbarkeit nach $c\{0001\}$ deutlich.

Das jedenfalls schwache optische Drehungsvermögen wurde von Wyrouboff erkannt, aber nicht gemessen; nach Demselben zeigen die Krystalle durch $c\{0001\}$ oft Sectoren mit schwacher Doppelbrechung, welche beim Erwärmen zunimmt.

### Lithiumammoniumsulfat = $SO_4(NH_4)Li$.

#### $\alpha$-Modification.

Spec. Gew. 1,204 Wyrouboff[38]).

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 1{,}6795 : 1 : 0{,}9794$ Scacchi[34]).

Bildet sich nach Wyrouboff[38]) aus der Lösung bei ca. 24° C. neben der $\beta$-Modification, mit sinkender Temperatur gegen die letztere immer mehr vorherrschend. Von einigem Einflusse auf die Bildungstemperatur ist auch die Zusammensetzung der Lösung. Scacchi, welcher die Krystalle zuerst gemessen

40) Johnsen, N. Jahrb. f. Min. usw. 1907, Beil.-Bd. 23, 286.

41) Dieselbe wurde zuerst beobachtet von Seherr-Thoß (Tagebl. der 47. Vers. der Naturf. u. Ärzte, Breslau 1874, 54).

hat, beobachtete die Formen: *a*{100}, *b*{010}, *r*{101}, *m*{110}, *n*{320}, *l*{120}, *q*{011}, *u*{012}, *o*{111}, *x*{324}, *y*{112}. Tafelig nach *a*, welche letztere Form jedoch nicht einheitlich erscheint, sondern aus vier sehr flachen Pyramidenflächen gebildet ist; *b*, *m*, *n* und *l* sind horizontal, *m* ist vertical gestreift; klein und selten sind *u* und noch mehr *x* und *y*.

| | | Berechnet: | Beob. Scacchi: |
|---|---|---|---|
| *a*:*n* | = (100):(320) | = — | *48° 14′ |
| *a*:*m* | = (100):(110) | = 59° 7′ | — |
| *a*:*l* | = (100):(120) | = 73 21 | — |
| *b*:*q* | = (010):(011) | = 45 43 | — |
| *b*:*u* | = (010):(012) | = 64 0 | — |
| *a*:*r* | = (100):(101) | = — | *59 45 |
| *a*:*o* | = (100):(111) | = 67 20 | — |
| *a*:*x* | = (100):(324) | = 68 37 | — |
| *a*:*y* | = (100):(112) | = 75 18 | — |
| *o*:*o*, | = (111):$(11\bar{1})$ | = 82 42 | — |
| *o*:*o* | = (111):$(1\bar{1}1)$ | = 80 14 | — |
| *x*:'*x* | = (324):$(\bar{3}\bar{2}4)$ | = 66 22 | — |
| *x*:*x* | = (324):$(3\bar{2}4)$ | = 48 9 | — |
| *y*:'*y* | = (112):$(\bar{1}\bar{1}2)$ | = 59 13 | — |
| *y*:*y* | = (112):$(1\bar{1}2)$ | = 50 55 | — |

Spaltbarkeit nach *a*{100} vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen (010); *b* 1. Mittellinie; $2V = 36° 32'$ rot, $49° 4'$ grün; $2E = 54° 48'$ rot, $75° 18'$ grün.

### β-Modification.

Spec. Gew. 1,164 Wyrouboff[38]).

Rhombisch bipyramidal (pseudohexagonal).

$a:b:c = 1,7303:1:1,6679$ Wyrouboff[38]).

Bildet sich bei ca. 24° neben der α-Modification; bei steigender Temperatur bildet sich schließlich die β-Modification allein. Die von Scacchi[34]) gemessenen Krystalle zeigen die Formen: *m*{110}, *a*{100}, *c*{001}, *o*{111}, *s*{201}, *r*{101}, *t*{301}, *u*{102}, *q*{011}, *x*{211}. Nach Wyrouboff sind sie meist tafelig nach *c*, seltener prismatisch nach der *c*-Axe oder nach der *b*-Axe verlängert. In den beiden ersteren Fällen sind die Krystalle vollkommen hexagonal entwickelt. Sehr häufig sind Zwillinge nach (110), aus zwei oder vier Sectoren zusammengesetzt, deren optische Axenebenen 60° mit einander bilden; Drillinge, nach demselben Gesetze, aus drei oder sechs Sectoren bestehend. Bei mehr als drei Sectoren sind die Krystalle aus über einander liegenden Lamellen von dreierlei Orientierung aufgebaut und zeigen dann kleineren Axenwinkel und Drehung der Polarisationsebene.

| | | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Scacchi: |
|---|---|---|---|---|
| *m*:*m*′ | = (110):$(\bar{1}10)$ | = — | *60° 3′ | — |
| *a*:*r* | = (100):(101) | = 46° 3′ | 46 13 | — |
| *c*:*s* | = (001):(201) | = 62 35 | 62 32 | 62° 31′ |
| *c*:*t* | = (001):(301) | = 68 38 | — | — |
| *c*:*o* | = (001):(111) | = — | *62 34 | 62 31 |
| *o*:*o*′ | = (111):$(\bar{1}11)$ | = 54 52 | 54 54 | — |
| *c*:*u* | = (001):(102) | = 25 44 | — | — |
| *c*:*q* | = (001):(011) | = 59 3 | — | — |
| *c*:*r* | = (001):(211) | = 68 35 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich deutlich.

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, $c$ 1. Mittellinie; $2E = 63^\circ 30'$ rot, $61^\circ 32'$ grün (Wyrouboff).

### Lithiumkaliumselenat = $SeO_4KLi$.

Hexagonal pyramidal resp. pseudohexagonal.

$a : c = 1 : 1,5835$ Traube[33]).

Scheinbar einfache Combinationen $o\{10\bar{1}1\}$, $c\{0001\}$, welche aber durch Ätzfiguren, von derselben Form, wie am Sulfate (S. 330), sich als Zwillinge von rechten und linken Krystallen erwiesen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : c = (10\bar{1}1) : (0001) =$ | — | $*61^\circ 19\frac{1}{2}'$ |
| $o : o = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) =$ | $52^\circ 3'$ | 52 11 |

Optisch anomal; basische Schliffe zeigen sechs Sectoren und zahlreiche Zwillingslamellen; von den ersteren löschen zwei gegenüberliegende zusammen und zwar $14^\circ$—$21^\circ$ schief zur Seite des Hexagons aus.

### Isomorphe Mischungen von Lithiumkaliumsulfat und -chromat = $(S, Cr)O_4KLi$.

#### Mischung mit ca. 10 Mol.-% $CrO_4KLi$.

Hexagonal pyramidal.

$a : c = 1 : 1,6652$ Traube[33]).

Dünnprismatische Combinationen von $m\{10\bar{1}0\}$ mit $o\{10\bar{1}1\}$ und $c\{0001\}$, welche sich durch pyroëlektrische Untersuchung als Zwillinge zweier, meist entgegengesetzt drehender, Krystalle nach $c\{0001\}$ erwiesen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : c\ (10\bar{1}1) : (0001) =$ | $62^\circ 31\frac{1}{2}'$ | $62^\circ 26'$ |
| $o : o\ (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) =$ | — | *52 40 |

#### Mischung mit ca. 50 Mol.-% $CrO_4KLi$.

Hexagonal pyramidal.

$a : c = 1 : 1,6826$ Traube[33]).

Combination: $m\{10\bar{1}0\}$, $o\{10\bar{1}1\}$, $c\{0001\}$, meist dünnprismatisch; zuweilen auch Tafeln nach $c\{0001\}$ mit $m\{10\bar{1}0\}$. Stets Zwillinge nach $c\{0001\}$, in denen jedoch die Krystalle nicht, wie beim Sulfate (S. 330), mit den analogen, sondern mit den antilogen Polen ihrer elektrischen Axen verwachsen sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : c = (10\bar{1}1) : (0001) =$ | — | $*62^\circ 46'$ |
| $o : o = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) =$ | $52^\circ 47\frac{1}{2}'$ | 52 54 |

Doppelbrechung negativ; Drehungsvermögen für $Na$-Licht $= 1,93^\circ$ (wegen der Zusammensetzung der Krystalle aus entgegengesetzt drehenden Partien jedenfalls zu niedrig).

Polare Pyroëlektricität stärker als beim Sulfate.

### Isomorphe Mischung von Lithiumkaliumsulfat und -molybdat = $(S, Mo)O_4KLi$ mit ca. $5\frac{1}{4}$ Mol.-% $MoO_4KLi$.

Hexagonal pyramidal.

$a : c = 1 : 1,6161$ Traube[33]).

Die nach $c\{0001\}$ tafelförmigen Krystalle, mit $m\{10\bar{1}0\}$ und $o\{10\bar{1}1\}$, sind Zwillinge nach $c\{0001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (10\bar{1}1):(0001) =$ | $62^\circ 21\frac{1}{2}'$ | $62^\circ 19'$ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | — | *52 35 |

### Natriumsulfat (nat. Thenardit) = $SO_4Na_2$.

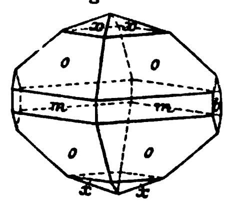
Spec. Gew. 2,693 Schroeder, 2,681 Favre, 2,677—2,687 Pettersson, 2,673 Retgers.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}4731:1:0{,}7996 \text{ Mitscherlich}[42].$$

Wasserfreies Sulfat krystallisiert nach Mitscherlich aus reiner wässeriger Lösung über 33°, bei gewöhnlicher Temperatur aus Lösungen mit $NaOH$ (Schultz-Sellak[43]) oder mit $NaCl$ (Retgers[44])). Mitscherlich beobachtete an den Krystallen die Combination (Fig. 595): $o\{111\}$, $m\{110\}$, $x\{113\}$, $b\{010\}$. Des Cloizeaux[45]) untersuchte Bipyramiden $o\{111\}$, welche fast sämtlich Zwillinge nach $m\{110\}$ waren; das Gleiche gibt Rammelsberg[46]) an.

Fig. 595.




Die natürlichen Krystalle zeigen gewöhnlich nur $o\{111\}$ und sind ebenfalls häufig Zwillinge nach $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | $*44^\circ 19'$ |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *56 17 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | $105^\circ 42'$ | — |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 50 38 | — |
| $x:m = (113):(110) =$ | 57 20 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen, nach $o\{111\}$ deutlich (an natürlichen Krystallen gibt Mügge[5]) als Spaltungsflächen $\{010\}$, $\{101\}$ und $\{001\}$ an).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, $a$ 1. Mittellinie; $2E = 152^\circ 42'$ rot, $153^\circ 0'$ blau (Des Cloizeaux). An natürlichen Krystallen fand Bärwald: $2V = 83^\circ 38'$ $Li$, $83^\circ 35'$ $Na$, $83^\circ 32'$ $Tl$.

### Natriumchromat = $CrO_4Na_2$.

Spec. Gew. 2,710—2,736 Abbot.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}4643:1:0{,}7991 \text{ Traube}[48].$$

Aus wässeriger Lösung bei 30°—40°, besonders gut bei 60°—70°. Einige Messungen von Wyrouboff[47]), der das Salz irrtümlich als $CrO_4Na_2.2H_2O$ beschrieb. Diesen Irrtum berichtigte Traube[48]), der die eingehende krystallographische Untersuchung des Salzes gibt. Beobachtete Formen: $o\{111\}$, $m\{110\}$,

42) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1828, **12**, 137. Ges. Schriften 245.
43) Schultz-Sellak, Journ. f. prakt. Chemie 1870, (2) **2**, 459.
44) Retgers, N. Jahrb. f. Min. usw. 1891, **1**, 276. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 293.
45) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 100 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, **18**, 610).
46) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr.-physik. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 394.
47) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1879, **2**, 177. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **4**, 118.
48) Traube, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **22**, 138 (die Druckfehler d. Orig. hier corrigiert).

*b*{010}. Gewöhnlich *o* vorherrschend; *b* klein und oft fehlend. Traube beobachtete einmal nach der *c*-Axe prismatisch verlängerte Krystalle mit vorherrschendem *m*.

| | Berechnet: | Beobachtet: Traube: | Beobachtet: Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *43° 8′ | 43° 0′ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 55° 36′ | 55 21 | 55 30 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *106 44 | — |
| $b:m = (010):(110) =$ | 65 6 | 65 13 | — |

Spaltbarkeit nach *b*{010} ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen *b*{010}; *a* 1. Mittellinie; $2H_a = 39°10'$ rot.

## Natriumselenat = $SeO_4Na_2$.

Spec. Gew. 3,209—3,217 Pettersson, 3,098 Topsøe.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}4910:1:0{,}8155$ Mitscherlich[42]).

Krystallisiert nach Mitscherlich aus wässeriger Lösung von mindestens 30° in der Combination des Sulfates (Fig. 595): *o*{111}, *m*{110}, *b*{010}, *x*{113}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *45° 38′ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *56 47 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 104° 18′ | — |
| $b:m = (010):(110) =$ | 63 51 | — |
| $m:x = (110):(113) =$ | 58 20 | — |

Spaltbarkeit nach *b*{010} vollkommen, nach *o*{111} weniger gut.

## Silbersulfat = $SO_4Ag_2$.

Spec. Gew. 5,41 Filhol, 5,425 Schroeder.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}4614:1:0{,}8079$ Mitscherlich[42]).

Beobachtete Formen: *o*{111}, *m*{110}, *b*{010}, *x*{113}. Krystallisiert nach Mitscherlich aus Salpetersäure in derselben Ausbildung wie das Natriumsalz (s. Fig. 595). Nach Schultz-Sellak[49]) entstehen gut ausgebildete Bipyramiden *o*{111} aus einer Lösung in concentrierter Schwefelsäure, wenn man diese sich allmählich an der Luft verdünnen läßt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *43 40′ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *54 49 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 107° 8′ | — |
| $b:m = (010):(110) =$ | 65 14 | — |
| $m:x = (110):(113) =$ | 57 28 | — |

Spaltbarkeit nach *b*{010} ziemlich vollkommen, nach *o*{111} weniger gut.

49) Schultz-Sellak, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, **133**, 143.

## Silberselenat = $SeO_4Ag_2$.

Spec. Gew. 5,92—5,93 Pettersson.
Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}4736:1:0{,}7969 \text{ Mitscherlich}^{42}).$$

Mitscherlich beobachtete an den Krystallen von bipyramidaler Ausbildung, da $o$ immer vorherrscht (s. Fig. 595), aus einer Lösung in Salpetersäure die Formen: $o\{111\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $x\{113\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *44° 18′ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *56 30 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 105° 32′ | — |
| $b:m = (010):(110) =$ | 64 39½ | — |
| $m:x = (110):(113) =$ | 58 11 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $o\{111\}$ weniger gut.

## Natriumtrikaliumsulfat (Glaserit) = $(SO_4)_2K_3Na$.

Spec. Gew. 2,697 Goßner[50]), 2,695 Retgers[12]) (l. c. 222).
Trigonal bzw. pseudotrigonal (monoklin).

$$\alpha = 87^\circ 58' \; (a:c = 1:1{,}2904) \text{ Goßner}^{50}).$$

Mitscherlich[51]) beobachtete die einfache Combination $c\{111\}$, $r\{100\}$ an Krystallen, welche bei der Kelpfabrikation aus $NaCl$-haltigen Laugen entstanden waren und die er für Kaliumsulfat hielt (die richtige Zusammensetzung wurde erst später von Penny, welcher sie ihm geliefert hatte, mitgeteilt). Krystalle, deren Analyse ebenfalls obige Formel ergab, von Hauer[52]) dargestellt, hat Schrauf[52]) gemessen; sie zeigten die Formen (Fig. 597): $r\{100\}$, $\varrho\{22\bar{1}\}$, $c\{111\}$, $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, außerdem untergeordnet: $e\{110\}$. Ausführliche Untersuchungen

Fig. 596.

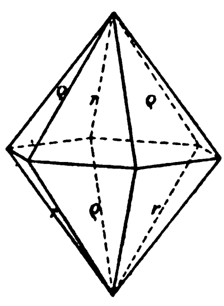


Fig. 597.

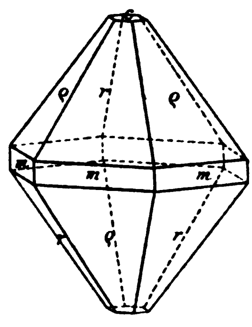
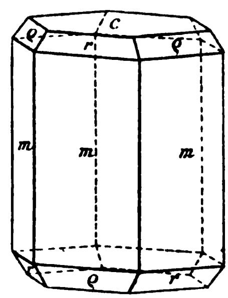


Fig. 598.

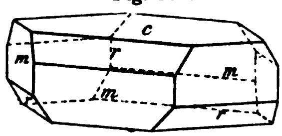


über die Krystallisation gemischter Lösungen von Kalium- und Natriumsulfat stellte Scacchi[53]) an; er beobachtete die gleichzeitige Bildung des Doppelsalzes mit Krystallen von reinem $SO_4K_2$, deren Winkel sehr ähnliche sind, und die regelmäßige Verwachsung beider Arten von Krystallen. Retgers[12]) (l. c. 215)

50) Goßner, Zeitschr. f. Krystall. 1904, 39, 163.
51) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1843, 58, 468. Ges. Schriften 534.
52) Hauer (Mess. v. Schrauf), Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1860, 40, 597. Journ. f. prakt. Chemie 1861, 83, 356.
53) A. Scacchi, d. Polisimmetria d. crist. 10 f. (Atti R. Accad. Napoli 1868, 1).

fand, daß tafelförmige Krystalle sich besonders aus $NaCl$-haltigen Lösungen bilden. Nach Goßner entstehen aus kalireichen Lösungen weniger gut meßbare Krystalle mit den Formen $r\{100\}$, $\varrho\{22\bar{1}\}$, $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $c\{111\}$, in der Ausbildung der Figg. 596 bis 598, dagegen aus natronreicheren Lösungen bessere Krystalle der Combination Fig. 599: $c\{111\}$, $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $r\{100\}$, untergeordnet auch $\varrho\{22\bar{1}\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$, mit zunehmendem Natriumgehalte d. L. dünner tafelförmig; aus schwefelsaurer Lösung erhielt Derselbe würfelähnliche Rhomboëder $r\{100\}$ mit untergeordneten $c\{111\}$, $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$ oder $\varrho\{22\bar{1}\}$, manchmal auch $a\{10\bar{1}\}$; an einem aus der Lösung mit $NaOH$ entstandenen prismatischen Krystalle (Fig. 598) wurde als gerundete Abstumpfung beobachtet $s\{52\bar{1}\}$. Die kurzprismatischen Krystalle zeigen nach Goßner zuweilen deutliche Zusammensetzung aus sechs, schwach zweiaxigen Sectoren, deren Grenzen parallel den Diagonalen des pseudohexagonalen Prismas und deren Schwingungsrichtungen paarweise den Seiten desselben parallel sind, außerdem zahlreiche Zwillingslamellen.

Fig. 599.




Die natürlichen Glaseritkrystalle zeigen die Formen: $c\{111\}$, $e\{110\}$, $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $r\{100\}$, $\varrho\{22\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $i\{211\}$. Hierher gehören wahrscheinlich auch die als Arcanit und Aphtalose bezeichneten Mineralvorkommen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Goßner: | Mitscherlich: | Scacchi: | Schrauf: |
|---|---|---|---|---|---|
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *56° 8′ | 56° 0′ | 56° 17′ | 55° 30′ |
| $r:r = (100):(010) =$ | 91° 58′ | 91 55 | — | — | — |
| $r:\varrho = (100):(22\bar{1}) =$ | 49 4 | 49 10 | — | — | 49 10 |
| $o:c = (1\bar{1}1):(111) =$ | 71 27 | 71 25 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung positiv, Brechungsindices für $Na$: $\omega = 1,4901$, $\varepsilon = 1,4996$ (Goßner); an natürlichen Krystallen fand Bücking: $\omega = 1,4907$, $\varepsilon = 1,4993$.

## Natriumtrikaliumchromat = $(CrO_4)_2K_3Na$.

Spec. Gew. 2,768 Goßner[50]), 2,766 Johnsen[40]) (l. c. 271).

A. Trigonal.

$$\alpha = 88^\circ 28' \ (a : c = 1 : 1,2857) \text{ Goßner}^{50)}.$$

Zuerst dargestellt von Hauer[52]) und von Schrauf (Journ. f. prakt. Chem. l. c. 361) als isomorph mit dem Sulfate bestimmt; die Krystalle waren entweder Tafeln nach $c\{111\}$ oder Bipyramiden $r\{100\}$, $\varrho\{22\bar{1}\}$. Goßner beobachtete die Formen: $c\{111\}$, $r\{100\}$, $\varrho\{22\bar{1}\}$, $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$ und ähnlichen Wechsel des Habitus, wie beim Sulfate; bei größerem Kaliumgehalte der Lösung entstehen bipyramidale Krystalle, bei größerem $Na$-Gehalte tafelförmige (Fig. 600), vorwiegend aber rhomboëdrische (Fig. 601).

Fig. 600.

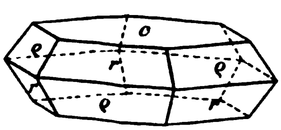
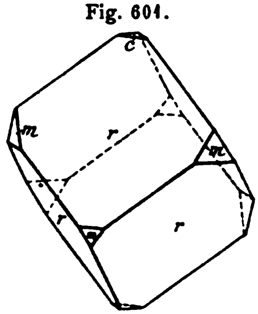



Fig. 601.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (100):(111) =$ | $56^\circ\ 2'$ | $56^\circ\ 6'$ |
| $r:r = (100):(010) =$ | 91 50 | 91 47 |
| $r:\varrho = (100):(22\bar{1}) =$ | — | *49 0 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ deutlich.

Doppelbrechung positiv; infolge starker Dispersion derselben Interferenzfigur der Leukocyklite; für *Na*: $\omega = 1{,}7278$, $\varepsilon = 1{,}7361$. Einaxige Krystalle bilden sich nur aus warmen Lösungen.

B. Monoklin.

$$a:b:c = 0{,}5833:1:0{,}8923 \quad \beta = 90^\circ 46' \text{ Johnsen}^{40)}.$$

Goßner beobachtete an den bei gewöhnlicher Temperatur erhaltenen Krystallen durch $c\{111\}$ eine Teilung in sechs zweiaxige Sectoren, deren Axenebene senkrecht zu der anliegenden pseudohexagonalen Prismenfläche und deren 1. Mittellinie derselben nahe parallel ist, sowie Zwillingslamellen, deren Zahl bei höherer Krystallisationstemperatur zunimmt, indem das optische Verhalten sich dem einaxiger Krystalle immer mehr nähert. Die von Johnsen (l. c. 271) untersuchten, bei 18° entstandenen, Krystalle hatten die Form eines hexagonalen Prismas mit Basis und unregelmäßig verteilten Pyramidenflächen und waren, wie die Goßners, Durchkreuzungsdrillinge optisch zweiaxiger Krystalle, deren Axenebene senkrecht zur anliegenden Prismenfläche liegt; letztere wird als $a\{100\}$ angenommen, die Basisfläche des Prismas, auf welcher deutlich monokline Ätzfiguren beobachtet wurden, als $c\{001\}$, die zwischenliegende Pyramidenfläche als $\varrho\{\bar{1}01\}$, endlich die benachbarte Prismenfläche, welche nur dann zur Ausbildung gelangt, wenn die Zwillingsgrenze nicht durch die Kante des pseudohexagonalen Prismas geht, als $n\{130\}$; alsdann ergeben sich die obigen Elemente. Die Drillinge haben $c\{001\}$ parallel, so daß also die Zwillingsaxe wahrscheinlich in dieser Ebene liegt, und einspringende Winkel auf $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\varrho:c = (10\bar{1}):(001) =$ | — | *56° 36′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *89 14 |
| $n:a = (130):(100) =$ | — | *60 15 |
| $n:c = (130):(001) =$ | 89° 37′ | 89 26 |
| $a:\underline{a} = (100):(\underline{\bar{1}00}) =$ | 1 32 | 1 30 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\parallel b\{010\}$. 1. Mittellinie ungefähr senkrecht zu $c\{001\}$, Axenwinkel klein; mehrfach wurden auch vollkommen einaxige Partien beobachtet; Farbe in 1 mm dicken Platten nach $b\{010\}$: $\mathfrak{c}$ citrongelb, $\mathfrak{a}$ orangegelb (Johnsen).

## Kaliumsulfat = $SO_4K_2$.

Spec. Gew. 2,666 Retgers[18] (l. c. 309 bzw. 624), 2,666 Tutton[54].

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}5727:1:0{,}7418 \text{ Tutton}^{55)}.$$

Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $q'\{021\}$, $o\{111\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $o'\{112\}$, $a\{100\}$, $p'\{130\}$, $q''\{031\}$, $o''\{332\}$, $q'''\{012\}$. Mit Ausnahme der drei letztgenannten sind alle diese Formen gewöhnlich ausgebildet und wurden

54) Tutton, Trans. Chem. Soc. Lond. 1905, 87, 1187. Zeitschr. f. Krystall. 1906, 41, 385.

55) Tutton, Trans. Chem. Soc. Lond. 1894, 628. Zeitschr. f. Krystall. 1895, 24, 5.

bereits von Brooke[56], und Mitscherlich[57], beobachtet, von Letzterem auch die gewöhnliche, der des Aragonites analoge Zwillings- und Drillingsbildung (s. Fig. 602) nach $p\{110\}$ beschrieben. Umfangreiche Krystallisationsversuche stellte Scacchi[58]) an und wies nach, daß außer den regelmäßigen Verwachsungen nach $p\{110\}$ auch solche nach $p'\{130\}$ sich bilden; während die von ihm beobachteten einfachen Krystalle gewöhnlich nach der $a$-Axe verlängert sind, treten bei den Drillingen häufig die Formen 1. Art so zurück, daß die Krystalle fast nur von $o$ und $p$ be-

Fig. 602.

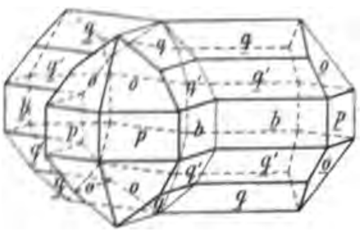
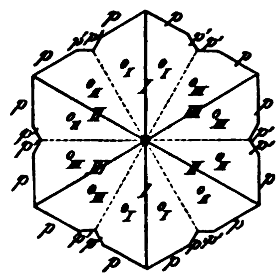


Fig. 603.



grenzt sind und hexagonalen Bipyramiden gleichen. (Drillinge des Salzes nach den Flächen von $p'\{130\}$ erscheinen alsdann, auf $c\{001\}$ projiziert, wie Fig. 603.) Messungen des Salzes wurden auch von Rammelsberg[46]) (l. c. 389) mitgeteilt. Die vollständigste krystallographische Untersuchung rührt von Tutton[55]) her, welcher bei langsamer Krystallisation aus kalter Lösung außer zahlreichen Zwillingen und Drillingen vom Ansehen hexagonaler Bipyramiden einfache Krystalle der verschiedenen, in Fig. 604—607 abgebildeten Typen erhielt. Die Zwillingsbildung

Fig. 604.

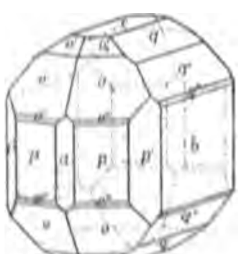


Fig. 605.

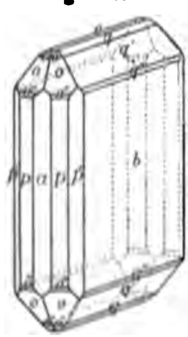


Fig. 606.

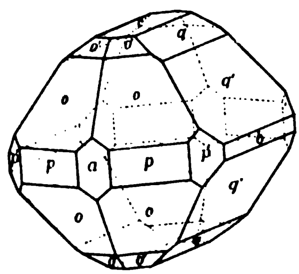
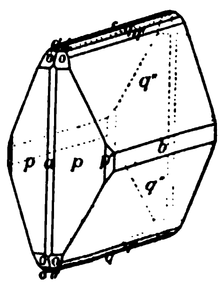


Fig. 607.



wurde eingehender studiert von Baumhauer[59]), welcher fand, daß diejenige nach $p\{110\}$ vorherrscht und oft ausschließlich vorhanden ist, während diejenige nach $p'\{130\}$ seltener allein, häufig aber mit der ersten zusammen vorkommt, und in manchen Fällen zwischen beiden Gesetzen nicht entschieden werden kann; so erscheint z. B. zuweilen in mikroskopischen, nach $c\{001\}$ tafeligen Krystallen ein rechteckiges, auf einer Seite von (110), auf der anderen von $(1\bar{3}0)$

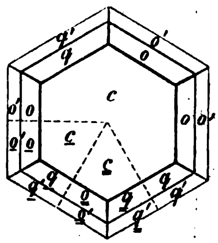
56) Brooke, Annals of Philos. 1824, 23, 30.
57) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1830, 18, 169. Ges. Schriften 267.
58) A. Scacchi, Sulla Poliedria d. facce d. crist., 47 (Mem. d. R. Accad. Torino 1862, (2) 21).
59) Baumhauer, Zeitschr. f. Krystall. 1899, 31, 268.

geradlinig begrenztes Zwillingsstück. Früher schon hatte Mallard[15]) beim Erhitzen von Platten nach $c\{001\}$ die Entstehung zahlreicher feiner Zwillingslamellen, welche einander unter 30° und 60° schneiden, sowie ebensolche in Stücken, welche aus dem Schmelzflusse erstarrt waren, beobachtet. Baumhauer[60]) fand, daß derartige Lamellen nach beiden Gesetzen auch in einfachen Krystallen durch Erhitzen hervorgebracht werden können.

Aus einer Lösung von Kaliumsulfit setzen sich infolge langsamer Oxydation nach Fock[61]) zuweilen große, scheinbar hexagonale Tafeln nach $c\{001\}$ ab, begrenzt von $p\{110\}$ und $b\{010\}$, mit den untergeordneten Flächen von $o'\{112\}$, $q\{011\}$ und dem nur an diesen Krystallen beobachteten $q'''\{012\}$. Ebenso entstandene Krystalle der Sammlung im mineralog. Institute der Universität München sind lange Prismen nach $q'\{021\}$, an den Enden begrenzt von $p\{110\}$, $o\{111\}$, $a\{100\}$ und $p'\{130\}$.

Endlich sind auch Krystalle von $SO_4K_2$ irrtümlich unter anderen Namen beschrieben worden, so von Handl[62]) als tellursaures Kalium $TeO_4K_2$ (s. S. 291) Krystalle, deren Messung und optische Untersuchung durch Lang[63]) die vollkommene Identität mit Kaliumsulfat zeigt; ferner hat Friedländer[64]) als disulfammonsaures Kalium pseudohexagonale Tafeln (Fig. 608) beschrieben, welche nach den Winkeln und optischen Eigenschaften die Combination $c\{001\}$, $o'(o)\{112\}$, $o(o')\{111\}$, $q\{011\}$, $q'\{021\}$ mit der für das Kaliumsulfat charakteristischen Zwillingsbildung darstellen.

Fig. 608.




In der Natur kommt Kaliumsulfat, Arcanit genannt, nur in Salzgemengen vor, welche wahrscheinlich der Hauptsache nach aus Glaserit (s. S. 336) bestehen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Brooke: | Mitscherlich: | Scacchi: | Rammelsberg: | Fock: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a:p$ = (100):(110) | = 29° 48′ | 29° 48′ | 29° 48′ | 29° 45′ | 29° 51′ | 29° 49½′ | 29° 45′ |
| $b:p'$ = (010):(130) | = 30 12 | 30 11 | — | — | 30 9 | — | — |
| $c:q$ = (001):(011) | = 36 34 | 36 36 | — | — | — | 36 40 | — |
| $c:q'$ = (001):(021) | = 56 1 | 56 2 | 56 11 | 56 15 | — | — | 56 10 |
| $b:q'''$ = (010):(012) | = 69 39 | — | — | — | — | 69 37 | — |
| $b:q''$ = (010):(031) | = 24 12 | 24 13 | — | — | — | — | — |
| $a:o$ = (100):(111) | = — | *43 52 | — | — | — | — | — |
| $o:o$ = (111):(1$\bar{1}$1) | = 48 46 | 48 47 | — | 48 45 | — | — | 48 48 |
| $c:o$ = (001):(111) | = — | *56 11 | — | — | — | — | 56 22 |
| $a:o'$ = (100):(112) | = 58 44 | 58 44 | — | — | — | — | — |
| $b:o'$ = (010):(112) | = 72 42 | 72 42 | — | — | — | — | — |
| $c:o'$ = (001):(112) | = 36 44 | 36 45 | — | — | — | 36 48 | — |
| $p:'o$ = (110):(1$\bar{1}$1) | = 65 8 | 65 9 | — | — | — | — | — |
| $p:'o'$ = (110):(1$\bar{1}$2) | = 72 23 | 72 23 | — | — | — | — | — |
| $p:q$ = (110):(01$\bar{1}$) | = 72 47 | 72 46 | — | — | — | — | — |
| $p:q'$ = (110):(02$\bar{1}$) | = 65 40 | 65 40 | — | — | — | — | — |
| $p':o$ = (130):(111) | = 43 59 | 43 59 | — | — | — | — | — |

60) Baumhauer, Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1883, **35**, 639. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 405.

61) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1883, **7**, 62.

62) Handl, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1860, **43**, 118.

63) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1862, **45**, 111.

64) Friedländer, Zeitschr. f. Krystallogr. 1877, **1**, 621.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Brooke: | Mitscherlich: | Scacchi: | Rammelsberg: | Fock: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $p':o' = (130):(112) =$ | 58 48 | 58 48 | — | — | — | — | — |
| $p':q = (130):(01\bar{1}) =$ | 59 0 | 58 58 | — | — | — | — | — |
| $p':q' = (130):(02\bar{1}) =$ | 44 13 | 44 13 | — | — | — | — | — |
| $q':o = (02\bar{1}):(111) =$ | 88 12 | 88 13 | — | — | — | — | — |
| $q':o = (021):(111) =$ | 49 12 | 49 11 | — | — | — | — | — |
| $q':o' = (021):(112) =$ | 46 1 | 46 0 | — | — | — | — | — |
| $q:o' = (011):(112) =$ | 34 50 | 34 52 | — | — | — | — | — |
| $q:o' = (0\bar{1}1):(112) =$ | 62 12 | 62 14 | — | — | — | — | — |
| $o'':p = (332):(110) =$ | 24 4 | 24 8 | — | — | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ und $c\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung positiv. Ebene der optischen Axen $a\{100\}$; $c$ 1. Mittellinie; Brechungsindices nach Tutton (bei gewöhnlicher Temperatur):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ ber. a. $2H_a$ u. $2H_o$ | $2E$ beob. b. gew. Temp. | b. 116°C. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4912 | 1,4924 | 1,4950 | 67° 25′ | | 118° 55′ |
| *C*: | 1,4916 | 1,4928 | 1,4954 | 67 24 | | — |
| *Na*: | 1,4935 | 1,4947 | 1,4973 | 67 20 | 111° 0′ Mittel | 118 40 |
| *Tl*: | 1,4955 | 1,4967 | 1,4994 | 67 15 | | — |
| *F*: | 1,4982 | 1,4995 | 1,5023 | 67 7 | | 118 30 |
| *G*: | 1,5012 | 1,5024 | 1,5052 | — | | — |

Die älteren Messungen der Brechungsindices von Topsøe und Christiansen[65]) ergaben:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *C*: | $\alpha = 1{,}4911$ | $\beta = 1{,}4928$ | $\gamma = 1{,}4959$ | $2E = 111°19'$; $2V_a = 67°4'$. |
| *D*: | 1,4932 | 1,4946 | 1,4980 | |
| *F*: | 1,4976 | 1,4992 | 1,5029 | |

Ausdehnungscoëfficienten bei 0° nach Tutton[66]):

$\| a$: 0,00003616 $\| b$: 0,00003225 $\| c$: 0,00003634.

Dielektricitätsconstanten nach Borel[67]): $k_1 = 6{,}09$ (‖ a ‖ $b$), $k_2 = 5{,}69$ (‖ b ‖ $a$), $k_3 = 4{,}48$ (‖ c ‖ $c$); die elektrischen Axen liegen, wie die optischen, in $a\{100\}$ und bilden den berechneten Winkel 61° mit einander.

Pyroëlektricität nach Hankel[68]): bei der Abkühlung erscheinen an den Enden der Axen $b$ und $c$ positive, an den Enden der $a$-Axe negative Pole.

## Rubidiumsulfat = $SO_4Rb_2$.

Spec. Gew. 3,615 Tutton[54]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5723:1:0{,}7485$ Tutton[55]).

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $p\{110\}$, $p'\{130\}$, $q\{011\}$, $q'\{021\}$, $q'''\{012\}$, $o\{111\}$, $o'\{112\}$. Bunsen[69]), welcher das Salz zuerst

65) Topsøe u. Christiansen, Vid. Selsk. Skr. Kjøbenhavn 1873, (5) 9, IX, 57. Ann. chim. phys. 1874, (5) 1, 46. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1874, Erg.-Bd. 6, 587.

66) Tutton, Proceed. Roy. Soc. Lond. 1899, 64, 350. Zeitschr. f. Krystall. 1899, 31, 447.

67) Borel, Arch. sc. phys. nat. Genève 1893, 30, 131 f. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 25, 281.

68) Hankel, Abhandl. math.-phys. Kl. k. S. Ges. Wiss. Leipzig 1899, 24, 469. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 35, 180.

69) Bunsen u. Kirchhoff, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1861, 113, 350. Bunsens Ges. Abhandl. 3, 267.

beschrieb, beobachtete nur die Formen *o* und *q'*, Lang[70]) an Krystallen von Schrötter die Combination: *a*{100}, *c*{001}, *p*{110}, *p'*{130}, *q'*{021}, *o*{111}, *o'*{112}. Nach Tutton sind die Krystalle von sehr wechselndem Habitus. Sie sind zum Teil kurzprismatisch nach der *a*-Axe, *q'* ist dabei vorherrschend, *b* nur schmal; an den Enden herrscht *a* vor, untergeordnet sind *p'*, *o* und *o'*, während *p* selten ist; *c* und *q* sind nur schmal, *q'''* sehr selten (Fig. 609). Diese Ausbildungsweise kann etwas modificiert werden dadurch, daß *b* größer entwickelt ist (Fig. 610). Eine weitere häufige Ausbildungweise entsteht dadurch, daß bei vorherrschendem *a* die Zone [100] sehr stark verkürzt ist; da dabei noch *o* vorherrscht, so erscheinen die Krystalle als flache Bipyramiden mit großer Basis; *o* ist meist nur an einem Ende der *a*-Axe gut entwickelt (Fig. 611). Durch vorherrschende und beinahe gleiche Entwickelung der Formen *o* und *q'* entstehen anscheinend hexagonale Bipyramiden (Fig. 612). Häufig sind Drillingskrystalle, meist in Form von hexagonalen Bipyramiden; Zwillingsebene nahezu senkrecht zu einer *p*-Fläche.

Fig. 609.

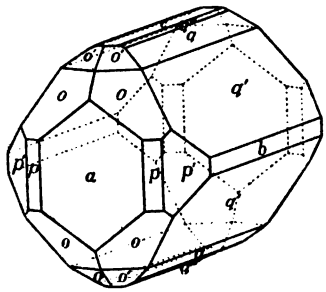


Fig. 610.

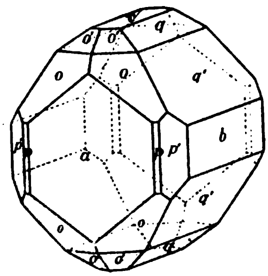


Fig. 611.

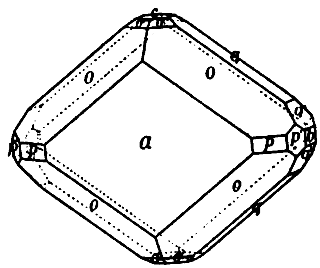
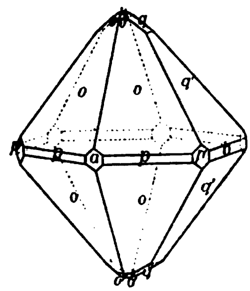


Fig. 612.



| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Bunsen: | Lang: |
|---|---|---|---|---|
| $a:p$ | = (100) : (110) = 29° 47' | 29° 46' | — | — |
| $a:p'$ | = (100) : (130) = 59 47 | 59 47 | — | 60° 1' |
| $c:q$ | = (001) : (011) = 36 49 | 36 50 | — | — |
| $c:q'$ | = (001) : (021) = 56 15 | 56 17 | 56° 21½' | 56 20½ |
| $c:q'''$ | = (001) : (012) = 20 31 | 20 29 | — | — |
| $a:o$ | = (100) : (111) = — | *43 41 | — | — |
| $c:o$ | = (001) : (111) = — | *56 26 | 56 33 | — |
| $o:o$ | = (111) : (1$\bar{1}$1) = 48 54 | 48 54 | 48 54 | — |
| $a:o'$ | = (100) : (112) = 58 31 | 58 30 | — | — |
| $b:o'$ | = (010) : (112) = 72 37 | 72 37 | — | — |
| $c:o'$ | = (001) : (112) = 37 0 | 37 0 | — | — |
| $p:o$ | = (110) : (1$\bar{1}$1) = 65 2 | 65 3 | — | — |
| $p:o'$ | = (110) : (1$\bar{1}$2) = 72 15 | 72 15 | — | — |
| $p:q$ | = (110) : (01$\bar{1}$) = 72 41 | 72 38 | — | — |
| $p:q'$ | = (110) : (02$\bar{1}$) = 65 36 | 65 35 | — | — |

70) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, 55 (II), 414.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Bunsen: | Lang: |
|---|---|---|---|---|
| $p':o$ | $= (130):(111) = 43°49'$ | 43°48' | — | — |
| $p':o'$ | $= (130):(112) = 58\ 35$ | 58 35 | — | — |
| $p':q$ | $= (130):(01\bar{1}) = 58\ 49$ | 58 47 | — | — |
| $p':q'$ | $= (130):(02\bar{1}) = 44\ \ 4$ | 44 3 | — | — |
| $q':o$ | $= (021):(111) = 49\ 22$ | 49 22 | 49°24' | — |
| $q':o'$ | $= (021):(112) = 46\ 12$ | 46 11 | — | — |
| $q:o'$ | $= (011):(112) = 35\ \ 4$ | 35 5 | — | — |
| $q:o'$ | $= (0\bar{1}1):(112) = 62\ 36$ | 62 38 | — | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen bis ca. 50° C. $c\{001\}$; von 50°—180° C. $b\{010\}$; ebenso darüber; 1. Mittellinie bis 180° C. Axe $a$; darüber Axe $c$; Doppelbrechung nur sehr schwach; positiv bis 180° C., über 180° negativ.

Brechungsindices nach Tutton:

| | bei gewöhnlicher Temperatur: $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | bei 100°: $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5108 | 1,5109 | 1,5120 | 1,5084 | 1,5088 | 1,5098 |
| *C*: | 1,5112 | 1,5113 | 1,5124 | 1,5088 | 1,5092 | 1,5102 |
| *Na*: | 1,5131 | 1,5133 | 1,5144 | 1,5108 | 1,5112 | 1,5124 |
| *Tl*: | 1,5153 | 1,5155 | 1,5166 | 1,5130 | 1,5134 | 1,5146 |
| *F*: | 1,5181 | 1,5183 | 1,5194 | 1,5158 | 1,5162 | 1,5174 |
| *G*: | 1,5222 | 1,5224 | 1,5235 | — | — | — |

Die Schwingungsrichtungen für $\alpha$ und $\beta$ sind bei gewöhnlicher Temperatur parallel den Axen $c$ und $b$, bei 100° umgekehrt parallel $b$ und $c$; $\gamma$ entspricht in beiden Fällen der Axe $a$.

Bei gewöhnlicher Temperatur sind die Winkel der optischen Axen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $2V =$ | 28°30' (*Li*), | 29° 5' (*C*), | 33° 0' (*Na*), | 37°40' (*Tl*), | 41°35' (*F*), | 47°30' (*G*) |
| $2E$[71]) $=$ | 36 25 | » 38 35 | » 46 20 | » 52 10 | » 61 50 » | — |

Beim Erwärmen nimmt $2E$ rasch ab; die Einaxigkeit tritt ein bei 36° für *Li*, bei 38° für *Na*, bei 44° für *Tl*, bei 51° für *F*, bei 60° für *G*; diesen Temperaturen entspricht also gleiche Lichtgeschwindigkeit der betreffenden Farbe für Schwingungen parallel der $b$- und $c$-Axe.

Ausdehnungscoëfficienten bei 0° nach Tutton[66]):

$\| a = 0{,}00003637$, $\| b = 0{,}00003214$, $\| c = 0{,}00003463$.

### Cäsiumsulfat = $SO_4Cs_2$.

Spec. Gew. 4,246 Tutton[54]), 4,250 Spring[32]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5712:1:0{,}7531$ Tutton[55]).

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $p\{110\}$, $p'\{130\}$, $q\{011\}$, $q'\{021\}$, $o\{111\}$, $o'\{112\}$. Bunsen[69]) (l. c. 369 bzw. 282) erhielt nur einfache pseudohexagonale Prismen $pb$ mit $c$; Lang[70]) beschrieb die Combination: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $q'\{021\}$, $p\{110\}$, $o\{111\}$. Eingehender untersuchte das Salz Tutton; nach ihm bildet ein Teil der Krystalle rechteckige Tafeln (Fig. 613); $c$ herrscht vor; $a$ und $b$ bilden ein kurzes, rechtwinkeliges Prisma; an der Kante $bc$ treten schmal $q$ und $q'$ auf; an der Kante $ab$ ist schmal $p'$, seltener $p$; $o$ ist neben $c$, $b$ und $a$ am stärksten ausgebildet, $o'$ sehr selten.

71) Messungen der besten Platte; andere zeigten große Differenzen, bedingt durch sehr kleine Schwankungen der Brechungsindices.

Bei einer zweiten Ausbildungsweise (Fig. 614) erscheinen die Krystalle tafelig nach *b* dadurch, daß diese Form vor {001} vorherrscht. Zwillinge wurden nicht beobachtet.

Fig. 613.

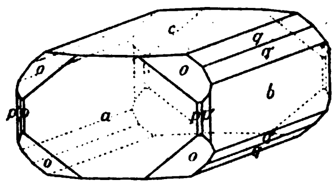
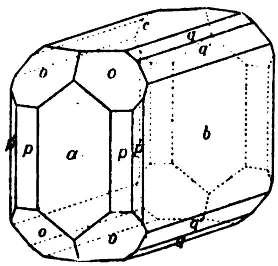



Fig. 614.




| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Lang: |
|---|---|---|---|
| $a:p = (100):(110)$ | = 29° 44′ | 29° 45′ | 30° 8′ |
| $a:p' = (100):(130)$ | = 59 44 | 59 45 | — |
| $c:q = (001):(011)$ | = 36 59 | 36 59 | 36 30 |
| $c:q' = (001):(021)$ | = 56 25 | 56 25 | 55 55 |
| $a:o = (100):(111)$ | = — | *43 31 | — |
| $c:o = (001):(111)$ | = — | *56 38 | — |
| $b:o = (010):(111)$ | = 65 32 | 65 31 | 65 34 |
| $a:o' = (100):(112)$ | = 58 19 | — | — |
| $b:o' = (010):(112)$ | = 72 33 | — | — |
| $c:o' = (001):(112)$ | = 37 13 | 37 10 | — |
| $p:o = (110):(1\bar{1}1)$ | = 64 54 | 64 52 | — |
| $p:o' = (110):(1\bar{1}2)$ | = 72 7 | — | — |
| $p:q = (110):(01\bar{1})$ | = 72 38 | 72 38 | — |
| $p:q' = (110):(02\bar{1})$ | = 65 36 | 65 36 | — |
| $p':o = (130):(111)$ | = 43 40 | 43 39 | — |
| $p':o' = (130):(112)$ | = 58 25 | — | — |
| $p':q = (130):(01\bar{1})$ | = 58 42 | 58 43 | — |
| $p':q' = (130):(02\bar{1})$ | = 43 59 | 44 1 | — |
| $q':o = (021):(111)$ | = 49 30 | 49 30 | — |
| $q':o = (0\bar{2}1):(111)$ | = 92 21 | 92 22 | — |
| $q':o' = (021):(112)$ | = 46 20 | — | — |
| $q:o' = (011):(112)$ | = 35 15 | — | — |
| $q:o' = (0\bar{1}1):(112)$ | = 62 53 | — | — |

Spaltbarkeit *b*{010} ziemlich vollkommen, nach *c*{001} deutlich.

Doppelbrechung negativ, schwach. Ebene der optischen Axen *b*{010}; *c* 1. Mittellinie.

Brechungsindices nach Tutton:

| | bei gewöhnlicher Temperatur (18°—20°): | | | bei 100°: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
| *Li*: | 1,5569 | 1,5615 | 1,5633 | 1,5544 | 1,5595 | 1,5611 |
| *C*: | 1,5573 | 1,5619 | 1,5637 | 1,5548 | 1,5599 | 1,5615 |
| *Na*: | 1,5598 | 1,5644 | 1,5662 | 1,5568 | 1,5622 | 1,5640 |
| *Tl*: | 1,5624 | 1,5672 | 1,5690 | 1,5590 | 1,5645 | 1,5664 |
| *F*: | 1,5660 | 1,5706 | 1,5725 | 1,5622 | 1,5677 | 1,5696 |
| *G*: | 1,5705 | 1,5756 | 1,5775 | — | — | — |

| | $2V_a$ | $2E$ bei 18°—20° | $2E$ bei 60° | $2E$ bei 100° |
|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 65° 5′ | 114°33′ | 110°50′ | 108°30′ |
| *C*: | 65 8 | 114 46 | 111 15 | 108 42 |
| *Na*: | 65 20 | 115 40 | 112 27 | 109 10 |
| *Tl*: | 65 39 | 116 46 | 113 30 | 110 56 |
| *F*: | 66 0 | 117 47 | 115 25 | 112 35 |

Ausdehnungscoëfficienten bei 0° nach Tutton[66]):

$\| a = 0{,}00003385$, $\| b = 0{,}00003195$, $\| c = 0{,}00003590$.

## Ammoniumsulfat = $SO_4(NH_4)_2$.

Spec. Gew. 1,772 Tutton[54]), 1,774 Retgers[18]) (l. c. 310 bzw. 624).
Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}5635 : 1 : 0{,}7319$ Tutton[72]).

Beobachtete Formen: *b*{010}, *p*{110}, *o*{111}, *q*{011}, *q'*{021}, *c*{001}, *a*{100}, *p'*{130}, *q'''*{012}, *o'*{112}, *q''''*{034}. Die drei letzten Formen beobachtete Mitscherlich[57]), welcher das Salz zuerst untersuchte, nicht. Die von Lang[73]) gemessenen Krystalle zeigten folgende Combinationen: *b, o, p, p', q', q*; *b, q', c, p, o*, tafelförmig nach *b*; *q', p, q, c, o*, prismatisch nach *q'*; zuweilen Zwillinge nach *p*. Einige Messungen der gewöhnlichen Formen teilt auch Rammelsberg[46]) (l. c. 387) mit, ebenso Scacchi[58]) (l. c. 65), welcher die Krystalle wegen der ungleichen Entwickelung gleichwertiger Flächen für bisphenoidisch hielt. Missuna[74]) beobachtete die neuen Formen *q''* und *q''''* und constatierte durch die Ätzfiguren die bipyramidale Symmetrie. Die ausführlichste Untersuchung der Krystalle stellte Tutton[72]) an; Derselbe erhielt durch Erkalten einer heißen Lösung die einfache Combination Fig. 615, durch langsames Verdunsten einer kalten Lösung die flächenreichere Fig. 616 und beobachtete häufig die Bildung von Drillingen nach *p*{110}, wie beim Kaliumsulfate.

Fig. 615.

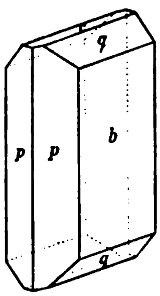
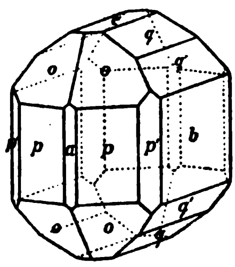



Fig. 616.




| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Mitscherlich: | Rammelsberg: | Scacchi: | Lang: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $p : p = (110) : (1\bar{1}0)$ | = 58°48′ | 58°49′ | 58°52′ | — | — | 58°48′ |
| $p' : b = (130) : (010)$ | = 30 36 | 30 36 | — | — | — | — |
| $q : c = (011) : (001)$ | = 36 12 | 36 12 | — | 36°15′ | — | 36 12 |
| $q' : b = (021) : (010)$ | = 34 20 | 34 20 | 34 22 | — | 34°10′ | 34 19½ |
| $q''' : c = (012) : (001)$ | = 20 6 | 20 9 | — | — | — | — |
| $q'''' : c = (034) : (001)$ | = 28 46 | (29 4 Miss.) | — | — | — | — |
| $o : q = (111) : (011)$ | = — | *46 21 | — | — | — | — |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1)$ | = 48 8 | 48 7 | — | — | — | — |

72) Tutton, Journ. Chem. Soc. Lond. 1903, **83**, 1049. Zeitschr. f. Krystall. 1904, **38**, 602.
73) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **31**, 96.
74) Missuna, Proc. verb. Soc. Imp. d. Natur. Moscou, 1898, 31. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 303.

| | Berechnet: | Tutton: | Mitscherlich: | Rammelsberg: | Scacchi: | Lang: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $o : p = (111) : (110) =$ | — | *33° 51′ | — | — | — | 34° 10′ |
| $o' : a = (112) : (100) =$ | 58° 37′ | — | — | — | — | — |
| $o' : b = (112) : (010) =$ | 72 56 | — | — | — | — | — |
| $o' : c = (112) : (001) =$ | 36 42 | 36 39 | — | — | — | — |
| $o : 'p = (111) : (1\bar{1}0) =$ | 64 31 | 64 30 | — | — | — | — |
| $o' : 'p = (112) : (1\bar{1}0) =$ | 71 58 | — | — | — | — | — |
| $p : q = (110) : (01\bar{1}) =$ | 73 9 | 73 8 | — | — | — | — |
| $p : q' = (110) : (02\bar{1}) =$ | 66 5 | 66 6 | — | — | — | — |
| $p' : o = (130) : (111) =$ | 44 0 | 44 1 | — | — | — | — |
| $p' : o' = (130) : (112) =$ | 58 50 | — | — | — | — | — |
| $p' : q = (130) : (01\bar{1}) =$ | 59 27 | 59 27 | — | — | — | — |
| $p' : q' = (130) : (02\bar{1}) =$ | 44 43 | 44 43 | — | — | — | — |
| $q' : o = (02\bar{1}) : (111) =$ | 88 43 | 88 43 | — | — | — | — |
| $q' : o' = (021) : (112) =$ | 46 1 | — | — | — | — | — |
| $q' : o = (021) : (111) =$ | 49 24 | 49 24 | — | — | — | — |
| $q : o' = (011) : (112) =$ | 34 53 | — | — | — | — | — |
| $q : o' = (0\bar{1}1) : (112) =$ | 61 43 | — | — | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv, schwach; Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; Axe $a$ 1. Mittellinie; Brechungsindices nach Tutton:

| | bei gewöhnlicher Temperatur: α | β | γ | bei 80° C.: α | β | γ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5177 | 1,5199 | 1,5297 | 1,5146 | 1,5174 | 1,5258 |
| *C*: | 1,5182 | 1,5204 | 1,5302 | 1,5151 | 1,5179 | 1,5263 |
| *Na*: | 1,5209 | 1,5230 | 1,5330 | 1,5178 | 1,5205 | 1,5291 |
| *Tl*: | 1,5237 | 1,5258 | 1,5359 | 1,5206 | 1,5233 | 1,5320 |
| *F*: | 1,5270 | 1,5291 | 1,5394 | 1,5239 | 1,5266 | 1,5355 |
| *G*: | 1,5318 | 1,5340 | 1,5445 | 1,5287 | 1,5315 | 1,5406 |

Winkel der optischen Axen:

| | $2V_a$ | $2E$ |
|---|---|---|
| *Li*: | 52° 18′ | 84° 1′ |
| *C*: | 52 17 | 84 2 |
| *Na*: | 52 12 | 84 6 |
| *Tl*: | 52 7 | 84 10 |
| *F*: | 52 0 | 84 15 |

Die älteren Messungen der Brechungsindices von Erofejew[75]) ergaben:

| | α | β | γ |
|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5177 | 1,5200 | 1,5289 |
| Rotes Glas: | 1,5185 | 1,5209 | 1,5303 |
| *Na*: | 1,5208 | 1,5232 | 1,5332 |
| Grün: | 1,5229 | 1,5255 | 1,5362 |
| Blau: | 1,5280 | 1,5303 | 1,5397 |

Diamagnetismus nach Lang[76]) am stärksten nach $c$, am schwächsten nach $a$ (ebenso beim Kaliumsulfat).

75) Erofejew, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, **55** (II), 543.
76) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **32**, 53.

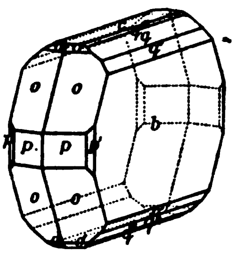
## Thallosulfat = $SO_4Tl_2$.

Spec. Gew. 6,765 Tutton[77]), 6,603 Lamy[78]).
Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}5555 : 1 : 0{,}7328$ Tutton[77])

Beobachtete Formen nach Tutton (Fig. 617): $b\{010\}$, $o\{111\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $q'\{021\}$, $p'\{130\}$, selten $q'''\{012\}$ und $o'\{112\}$. Das von Lamy[78]) dargestellte Salz wurde von Lang[79]) und von Des Cloizeaux[80]) gemessen; Ersterer beobachtete an den nach der Axe $a$ verlängerten tafelförmigen Krystallen die Combination Fig. 617 ohne $p'$, $q'''$ und $o'$, Des Cloizeaux dieselben Formen wie Lang, aber außerdem am Ende vorherrschend $a\{100\}$ und ziemlich groß $m\{102\}$. Einige Messungen wurden auch von Werther[81]) mitgeteilt. Die umfassendste Untersuchung rührt von Tutton her, welcher aus heißen wässerigen Lösungen goniometrisch unbrauchbare weiße Nädelchen, aus nur wenig übersättigter Lösung kleine verlängerte Platten der oben angegebenen Combination erhielt. Nach Stortenbeker[82]) bilden sich aus schwefelsaurer Lösung größere, aber mehr spitzige Krystalle, bei größerem Säureüberschusse scheidet sich das Salz langsamer und in tafelförmigen Krystallen aus.

Fig. 617.



| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Lang: | Des Cloizeaux: | Werther: |
|---|---|---|---|---|---|
| $p : p = (110) : (1\bar{1}0) =$ | 58° 6′ | 58° 3′ | 57°58′ | 57°50′ | 58° 6′ |
| $p' : b = (130) : (010) =$ | 30 58 | 30 59 | — | — | — |
| $q : c = (011) : (001) =$ | 36 14 | 36 18 | 36 12 | 36 20 | 36 20 |
| $q' : b = (021) : (010) =$ | 34 18 | 34 15 | 34 18 | 34 0 | — |
| $q''' : c = (012) : (001) =$ | 20 7 | 20 7 | — | — | — |
| $o : q = (111) : (011) =$ | — | *46 47 | 46 50 | — | — |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 47 46 | 47 42 | 47 38 | 48 0 | 48 4 |
| $o : c = (111) : (001) =$ | — | *56 28 | 56 29 | 57 20 | — |
| $o : {}'p = (111) : (1\bar{1}0) =$ | 63 52 | — | — | — | — |
| $o' : a = (112) : (100) =$ | 58 14 | — | — | — | — |
| $o' : b = (112) : (010) =$ | 73 0 | — | — | — | — |
| $o' : c = (112) : (001) =$ | 37 2 | 37 2 | — | — | — |
| $m : a = (102) : (100) =$ | 56 36 | — | — | 56 30 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mitte Axe $a$; Brechungsindices nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| *Li*: | $\alpha =$ 1,8493 | $\beta =$ 1,8563 | $\gamma =$ 1,8739 |
| *C*: | 1,8509 | 1,8579 | 1,8755 |
| *Na*: | 1,8600 | 1,8671 | 1,8853 |
| *Tl*: | 1,8704 | 1,8778 | 1,8964 |
| *F*: | 1,8859 | 1,8935 | 1,9126 |

77) Tutton, Proceed. Roy. Soc. Lond. 1907, **79**, 351. Zeitschr. f. Krystall. 1908, **44**, 113.
78) Lamy, Ann. chim. phys. 1868, (3) **67**, 409.
79) V. v. Lang, Philos. Magaz. 1863, (4) **25**, 248.
80) Lamy u. Des Cloizeaux, Ann. chim. phys. 1869, (4) **17**, 318.
81) Werther, Journ. f. prakt. Chemie 1864, **92**, 358.
82) Stortenbeker, Rec. trav. chim. Pays-Bas etc. 1902, **21**, 87.

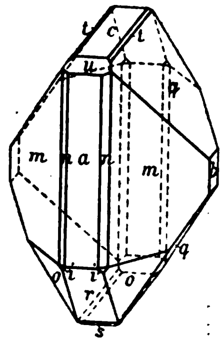
Aus dem scheinbaren Axenwinkel in Bromnaphtalin und den angegebenen Werten von $\beta$ wurde berechnet $2V = 68^\circ 8' (C)$, $68^\circ 4' (Na)$, $68^\circ 0' (Tl)$.

### Hydroxylaminsulfat = $SO_4H_2(NH_2.OH)_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0846:1:1,4226$; $\beta = 107^\circ 6'$ Paack[83]).

Fig. 618.



Das von Lossen dargestellte Salz zeigt nach Lang[84]) die Combination (s. Fig. 618): $a\{100\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $u\{102\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $s\{10\bar{2}\}$, $o\{11\bar{1}\}$; die beim Erkalten heiß gesättigter wässeriger Lösungen erhaltenen Krystalle waren nicht genau meßbar. Paack erhielt aus der (leicht entstehenden) übersättigten Lösung nach der $c$-Axe stark verlängerte Prismen, beim langsamen Verdunsten jedoch gut ausgebildete Krystalle vom Habitus der Fig. 618, welche außer den angeführten Formen zuweilen noch $b\{010\}$, $n\{210\}$, $\lambda\{530\}$, $l\{120\}$ und (nicht meßbar, nur durch Zonen constatiert) $i\{21\bar{1}\}$ zeigten; die Krystalle sind oft nach einem Flächenpaare von $m$ tafelförmig, und solche mögen die irrtümliche Angabe von Dathe[85]), daß sie triklin seien, veranlaßt haben. Messungen gibt Letzterer nicht an.

| | Berechnet: | Beobachtet: Paack: | Lang: |
|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ | = — | *72° 54′ | 71° 3′ |
| $a:u = (100):(102)$ | = 45° 11′ | 45 18 | 44 0 ca. |
| $s:a = (10\bar{2}):(100)$ | = 69 16 | 69 16 | 69 15 |
| $r:a = (10\bar{1}):(100)$ | = 43 12 | 43 16 | 43 20 |
| $m:a = (110):(100)$ | = — | *46 2 | 45 57 |
| $a:q = (100):(011)$ | = 79 58 | 80 4 | — |
| $q:o' = (011):(\bar{1}11)$ | = 41 31 | 41 34 | — |
| $o:a = (11\bar{1}):(100)$ | = 58 31 | 58 26 | 58 18 |
| $c:m = (001):(110)$ | = 78 13 | 78 18 | — |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ | = 71 38 | 71 30 | 72 0 ca. |
| $m:o = (110):(11\bar{1})$ | = 30 9 | 30 12 | 30 2 |
| $c:q = (001):(011)$ | = — | *53 40 | — |
| $m:s = (\bar{1}10):(10\bar{2})$ | = 75 46½ | — | 75 37 |
| $o:r = (11\bar{1}):(10\bar{1})$ | = 44 14½ | 44 10½ | 44 30 |
| $o:s = (11\bar{1}):(10\bar{2})$ | = 49 57 | 49 57 | — |
| $s:q = (10\bar{2}):(01\bar{1})$ | = 62 6 | 62 2 | 63 0 ca. |
| $q:o = (011):(11\bar{1})$ | = 67 57 | 68 2 | — |
| $m:r = (110):(10\bar{1})$ | = 59 36 | 59 38 | — |
| $r':q = (\bar{1}01):(011)$ | = 74 53 | 74 45½ | — |
| $q:m = (011):(110)$ | = 45 31 | 45 37 | — |
| $c:t = (001):(012)$ | = 34 13 | 34 39 | — |
| $a:n = (100):(210)$ | = 27 24 | 27 30 | — |
| $a:\lambda = (100):(530)$ | = 31 53 | 31 59 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, eine Mittellinie nahezu normal zu $a\{100\}$, Axenbilder außerhalb des Gesichtsfeldes.

83) Paack, unveröffentl. Untersuchung im Laboratorium des Verf.

84) Lossen (Mess. v. V. v. Lang), Ann. d. Chem. u. Pharm. 1868, Suppl. 6, 228.

85) Preibisch (Krystallbest. v. Dathe), Journ. f. prakt. Chemie 1874, (2) 8, 327.

## Kaliumchromat = $CrO_4K_2$.

Spec. Gew. 2,741 Goßner[50]) (l. c. 166).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,5694:1:0,7298$ Mitscherlich[57]).

Mitscherlich beobachtete die Formen: $b\{010\}$, $q'\{021\}$, $o\{111\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $p'\{130\}$, $m\{102\}$, und die gleiche Zwillingsbildung, wie am Sulfate (Fig. 602 S. 338). Ebenso entstehen nach Baumhauer[60]) beim Erhitzen Zwillingslamellen. Außer einigen altereren Messungen von Brooke, liegen noch spätere vor von Grailich[86]) und Corio[25]). Ein natürliches Vorkommen wird unter dem Namen »Tarapacaït« als Beimengung des Chilisalpeters angegeben.

| | Berechnet: | Beobachtet: Mitscherlich: | Brooke: | Grailich: | Corio: |
|---|---|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *59° 19′ | 59° 26′ | — | 59° 19½′ |
| $p':b = (130):(010) =$ | 30° 21′ | — | — | — | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | 36 7 | — | 36 17 | — | 36 26 |
| $q':c = (021):(001) =$ | — | *55 35 | — | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 48 22 | — | — | — | — |
| $o:o = (111):(11\bar{1}) =$ | 68 18 | — | — | — | — |
| $o:o = (111):(\bar{1}11) =$ | 91 59 | — | 92 16 | — | — |
| $m:m = (102):(\bar{1}02) =$ | 65 18 | — | — | 65° 25′ | — |
| $m:o = (102):(111) =$ | 30 35 | — | — | 30 30 | — |
| $m:q = (102):(011) =$ | 47 10 | — | — | 47 0 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ und $c\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $a\{100\}$; 1. Mittellinie Axe $b$; nach Topsøe und Christiansen[65]): $\beta = 1,7131$ ($C$), $1,7154$ ($B$), $1,7703$ ($F$), $2V = 51°40'$, $2E = 97°30'$; nach Grailich und Lang $2E = 92°$, Dispersion schwach, $\varrho > v$.

## Rubidiumchromat = $CrO_4Rb_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,5665:1:0,7490$ Piccard[87]).

Nach der Axe $a$ verlängerte Krystalle der Combination: $b\{010\}$, $q\{011\}$, $q'\{021\}$, $p\{110\}$, $o\{111\}$, $o'\{112\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | 59° 4′ | — |
| $q:b = (011):(010) =$ | 53 10 | 53° 10′ |
| $q':q_{,} = (021):(0\bar{2}1) =$ | — | *67 27 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 48 34 | 48 36 |
| $o:o = (111):(11\bar{1}) =$ | 66 36 | 66 42 |
| $o:o = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *93 14 |
| $o':m = (112):(110) =$ | 53 0 | 52 47 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$, Axenwinkel $2H_a = 73°46'$ für Rot, $76°5'$ für Grün, $2H_o = 146°$ ca. für weißes Licht (Wyrouboff[88])).

86) Grailich und V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1857, 27, 22.
87) Piccard, Journ. f. prakt. Chemie 1862, 86, 449. Bull. soc. chim. Paris 1863, 254.
88) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1881, 4, 129. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 640.

## Cäsiumchromat = $CrO_4Cs_2$.

### Rhombische Modification.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5640:1:0{,}7577$ Fraprie[89]).

Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $q\{011\}$, $q'\{021\}$, $p\{110\}$, $o\{111\}$, $c\{001\}$, selten und klein $a\{100\}$ (Fig. 619), die Krystalle sind oft nach der $a$-Axe dünnprismatisch; zuweilen Zwillinge nach $\{130\}$ (Fig. 620).

Fig. 619.

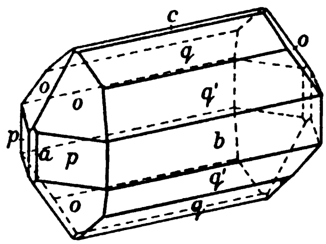
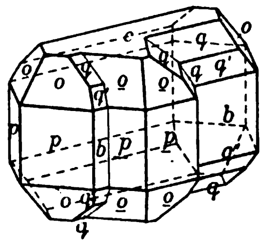



Fig. 620.




| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *58° 50′ |
| $q:b$ | $= (011):(010) =$ | — | *52 51 |
| $q':b$ | $= (021):(010) =$ | 33° 25′ | 33 33 |
| $o:a$ | $= (111):(100) =$ | 43 2 | 43 7 |
| $o:b$ | $= (111):(010) =$ | 65 40 | 65 41 |
| $o:c$ | $= (111):(001) =$ | 57 3 | 56 57 |

### Trigonale Modification.

Ditrigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 72°39'$ ($a:c = 1:1{,}2314$ Fraprie[89])).

Fraprie erhielt aus einer Lösung des Salzes dünne hexagonale Prismen $a\{2\bar{1}\bar{1}\}$ mit $b\{10\bar{1}\}$ und $p\{201\}$ (Fig. 621), beim Abkühlen der unter hohem Drucke erwärmten Lösung Krystalle mit $r\{100\}$ am Ende vorherrschend (Fig. 622). Aus anderen Lösungen wurden nur rhombische Krystalle erhalten.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $r:a$ | $= (100):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 25° 7′ | 25° 0′ |
| $p:b$ | $= (201):(10\bar{1}) =$ | — | *50 37 |
| $r:r$ | $= (100):(010) =$ | 103 16 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ unvollkommen.

Fig. 621.

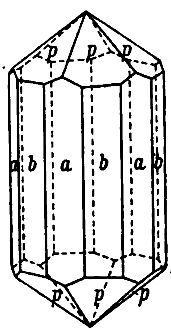
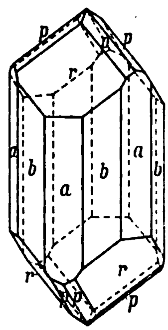



Fig. 622.




## Ammoniumchromat = $CrO_4(NH_4)_2$.

Spec. Gew. 1,886 Muthmann[90]).

Monoklin prismatisch.

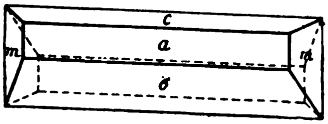
$a:b:c = 1{,}9603:1:1{,}2226$; $\beta = 115°13'$ Muthmann[90]).

89) Fraprie, Zeitschr. f. Krystall. 1907, **42**, 113.

90) Jäger u. Krüß (Mess. v. Muthmann), Ber. d. d. chem. Ges. 1889, **22**, 2032.

Die von Jäger und Krüß[90]) aus einer Lösung mit überschüssigem Ammoniak beim Abkühlen in einer Kältemischung erhaltenen, goldgelben Krystalle sind nach Muthmann sehr lange dünne Prismen der Combination (Fig. 623): $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $m\{110\}$; da Wyrouboff[91]) früher die von ihm aus einer mit Ammoniak versetzten warmen Lösung von Ammoniumdichromat erhaltenen Krystalle als rhombisch beschrieben hatte, so wurde das Salz auch nach dieser Methode dargestellt; die hierbei sich ergebenden Krystalle waren weniger gut ausgebildet, zeigten aber außer den angeführten Formen noch $n\{310\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$.

Fig. 623.




Wyrouboff[27]) stellte alsdann fest, daß die von ihm früher beschriebenen Krystalle Zwillinge der Combination $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$ nach $c\{001\}$ gewesen seien; bei erneuten Krystallisationsversuchen erhielt er neben ebenso ausgebildeten Zwillingen, an denen auch $\sigma\{20\bar{1}\}$ auftrat, auch einfache Krystalle von der Form der Fig. 623, sowie flächenreichere, nach $a\{100\}$ tafelförmige mit den Formen: $c\{001\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $n\{310\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$; gewöhnlich tritt Zwillingsbildung auf, und zwar nach drei Gesetzen: am häufigsten nach $c\{001\}$, seltener nach $a\{100\}$ und nach $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Muthmann: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *60° 35′ | 60° 20′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *64 47 | 64 52 |
| $\sigma:a = (20\bar{1}):(100) =$ | — | *47 46 | 47 45 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 77° 55′ | 77 55 | — |
| $m:\sigma = (110):(20\bar{1}) =$ | 70 43 | 70 41 | — |
| $n:a = (310):(100) =$ | 30 35 | 30 31 | — |
| $\omega:\sigma = (11\bar{1}):(20\bar{1}) =$ | 56 11 | 56 4 | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 59 24 | — | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 100. 7 | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 76 48 | — | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 82 8 | — | — |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 44 30 | — | 44 26 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $c\{001\}$ beide Axenbilder am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar, durch $\sigma\{20\bar{1}\}$ eines nahezu in der Mitte.

Anm. Ein von Pohl[92]) dargestelltes und von Schabus[36]) (l. c. 110) gemessenes Salz, welches die Zusammensetzung $Cr_4O_{17}(NH_4)_5$ haben soll, konnten Jäger und Krüß[90]) (l. c. 2030) nicht erhalten, indem sich auch bei großem Überschusse an Ammoniak stets das normale Salz bildete; mit letzterem ist es jedoch auch nicht identisch (was Rammelsberg[46]) (l. c. 588) annahm), da seine Krystallform keinerlei Ähnlichkeit mit der obigen zeigt; es krystallisiert monoklin mit den Elementen $a:b:c = 0{,}7460:1:0{,}4955$; $\beta = 106°16'$.

## Tetramethylammoniumchromat = $CrO_4(N.4CH_3)_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}5994:1:1{,}2483 \text{ Hiortdahl[93])}.$$

91) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1879, 2, 173. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 4, 418.
92) Pohl, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1851. 6, 592.
93) Hiortdahl, Zeitschr. f. Krystall. 1882, 6, 468.

Das von Hiortdahl dargestellte Salz bildet hellgelbe Bipyramiden $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 56° 46′ | 56° 41′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *104 57 |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *44 46 |

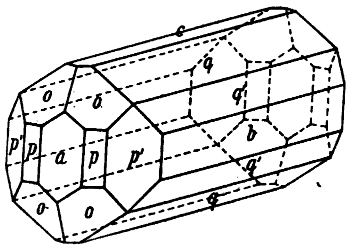
## Kaliummanganat = $MnO_4K_2$.

Spec. Gew. 2,778 Goßner (Privatmitt.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5681:1:0{,}7362$ Strandmark.

Nach Mitscherlich[94]), welcher das Salz zuerst darstellte, bildet dasselbe pseudohexagonale Bipyramiden der Combination: $o\{111\}$, $q'\{021\}$ mit ziemlich großen Flächen von $p\{110\}$ und $b\{010\}$, untergeordet: $q\{011\}$, $c\{001\}$, $o'\{112\}$ und $p'\{130\}$. An Krystallen, welche Goßner dargestellt hatte, beobachtete Strandmark (unveröff. Untersuchung im Labor. d. Verf.) die Combination Fig. 624, also dieselben Formen, wie Mitscherlich, nur $a\{100\}$ statt $o'\{112\}$.

Fig. 624.




| | Berechnet: | Beobachtet: Strandmark: | Beobachtet: Mitscherlich: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *59° 12′ | 58° 49½′ |
| $p':b = (130):(010) =$ | 30° 24′ | 30 22 | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | 36 22 | 36 31½ | — |
| $q':c = (021):(001) =$ | — | *55 49 | 56 30 |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1}) =$ | 67 43 | 67 30 | — |

Farbe tiefgrün.

## Kaliumselenat = $SeO_4K_2$.

Spec. Gew. 3,067 Tutton[54]).

$a:b:c = 0{,}5731:1:0{,}7319$ Tutton[95]).

Mitscherlich[57]), welcher dieses Salz zuerst darstellte und die Isomorphie desselben mit dem Kaliumsulfate erkannte, beobachtete an demselben auch die gleichen Formen. Eine eingehende krystallographische Untersuchung stellte Tutton[95]) an, welcher folgende Formen feststellte: $b\{010\}$, $p\{110\}$, $q'\{021\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $o'\{112\}$, $m\{102\}$, $y\{132\}$. Die wegen der Zerfließlichkeit des Salzes nur schwer zu erhaltenden, gut ausgebildeten Krystalle (Fig. 625 und 626) zeigten gewöhnlich nur die Formen $b$, $p$, $q$ und $q'$; selten wurde dabei $o$, $o'$ und $m$ beobachtet; die Krystalle sind tafelig nach $b$, während $a$ und $c$ nur als schmale Streifen auftreten. Gewöhnlich krystallisiert

Fig. 625.

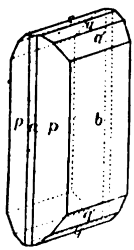
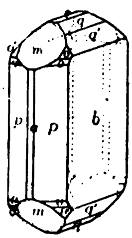



Fig. 626.




94) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1832, **25**, 287. M.s Gesam. Schriften 281.

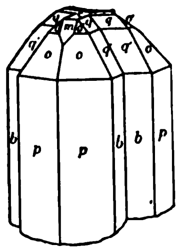
95) Tutton, Transact. Chem. Soc. Lond. 1897, 852. Zeitschr. f. Krystall. 1898, **29**, 69.

das Salz jedoch in stark gestreiften prismatischen Gebilden von strahligem Charakter, die Formen sind gewöhnlich das stark gestörte Prisma *p* mit gestreiftem *b*, welches durch Krümmung in Endformen der Zone *q'* : *q'* übergeht. Bei dieser Ausbildung sind große Drillinge häufig; Zwillingsebene nahezu senkrecht zu einer *p*-Fläche; die Durchkreuzung der Drillingsindividuen kann mehr oder weniger stark sein (Fig. 627 und 628). Das Zeichen der Form *y* konnte nur aus Zonen ermittelt werden.

Fig. 627.



Fig. 628.



| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|
| *p* : *p* = (110) : (1$\bar{1}$0) = | 59° 38' | 59° 36' | 59° 35' |
| *b* : *p* = (010) : (110) = | — | *60 11 | — |
| *c* : *q* = (001) : (011) = | 36 12 | 36 16 | — |
| *b* : *q'* = (010) : (021) = | — | *34 20 | — |
| *q'* : *q'* = (021) : (02$\bar{1}$) = | 68 40 | — | 68° 11½ |
| *a* : *o* = (100) : (111) = | 44 9 | — | — |
| *c* : *o* = (001) : (111) = | 55 49 | 55 49 | — |
| *b* : *o* = (010) : (111) = | 65 43 | 65 44 | — |
| *a* : *o'* = (100) : (112) = | 59 3 | — | — |
| *c* : *o'* = (001) : (112) = | 36 21 | 36 25 | — |
| *b* : *o'* = (010) : (112) = | 72 51 | — | — |
| *c* : *m* = (001) : (102) = | 32 34 | 32 31 | — |
| *p* : *o* = (110) : (1$\bar{1}$1) = | 65 17 | — | — |
| *p* : *o'* = (110) : (1$\bar{1}$2) = | 72 34 | — | — |
| *p* : *q* = (110) : (011) = | 72 55 | 72 52 | — |
| *p* : *q'* = (110) : (021) = | 65 46 | 65 48 | — |
| *q'* : *o* = (021) : (111) = | 48 57 | — | — |
| *q'* : *o'* = (021) : (112) = | 45 46 | — | — |
| *q* : *o'* = (011) : (112) = | 34 31 | — | — |
| *q* : *o'* = (0$\bar{1}$1) : (112) = | 61 36 | — | — |

Spaltbarkeit nach *b*{010} vollkommen, weniger nach *c*{001}.

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen *a*{100}, *c* 1. Mittellinie; Brechungsindices nach Tutton:

| | bei gewöhnl. Temperatur: | | | bei 100° C.: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
| *Li*: | 1,5320 | 1,5357 | 1,5413 | 1,5276 | 1,5307 | 1,5353 |
| *C*: | 1,5325 | 1,5362 | 1,5418 | 1,5281 | 1,5312 | 1,5358 |
| *Na*: | 1,5352 | 1,5390 | 1,5446 | 1,5310 | 1,5340 | 1,5387 |
| *Tl*: | 1,5383 | 1,5421 | 1,5478 | 1,5341 | 1,5371 | 1,5418 |
| *F*: | 1,5421 | 1,5460 | 1,5518 | 1,5378 | 1,5411 | 1,5458 |
| *G*: | 1,5478 | 1,5517 | 1,5576 | 1,5440 | 1,5469 | 1,5520 |

Winkel der optischen Axen:

| | $2E$ | $2V_a$ |
|---|---|---|
| *Li*: | 145° 12' | 76° 46' |
| *C*: | 145 29 | 76 47 |
| *Na*: | 146 53 | 76 50 |
| *Tl*: | 148 36 | 76 53 |
| *F*: | 150 13 | 76 57 |

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[65]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| $C$: | 1,5323 | 1,5373 | 1,5422 |
| $D$: | 1,5353 | 1,5402 | 1,5450 |
| $F$: | 1,5417 | 1,5475 | 1,5523 |

$$2E = 145^\circ 52' \; Na$$
$$2V = 76 \; 40 \; Na$$

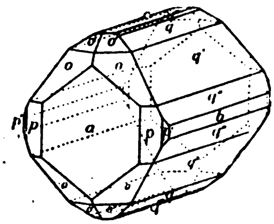
### Rubidiumselenat = $SeO_4Rb_2$.

Spec. Gew. 3,902 Tutton[54]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5708:1:0{,}7386$ Tutton[95]).

Fig. 629.



Tutton (l. c. 72) beobachtete die Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $p\{110\}$, $p'\{130\}$, $q\{011\}$, $q'\{021\}$, $q'''\{012\}$, $q''\{031\}$, $o\{111\}$, $o'\{112\}$. Durch starke Ausbildung von $q'$ erscheinen die Krystalle (Fig. 629) kurzprismatisch nach der $a$-Axe, am Ende begrenzt durch die vorherrschende Form $a$; $c$ und $b$ treten mehr zurück; $p'$ und $o'$ fehlen oft oder sind immer untergeordnet; $q''$ ist häufig, während $q'''$ seltener auftritt. Zerfließlich.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:p$ | $= (100):(110) =$ | $29^\circ 43'$ | $29^\circ 43'$ |
| $b:p'$ | $= (010):(130) =$ | 30 17 | 30 17 |
| $c:q$ | $= (001):(011) =$ | 36 27 | 36 29 |
| $b:q'$ | $= (010):(021) =$ | 34 6 | 34 4 |
| $b:q''$ | $= (010):(031) =$ | 24 17 | 24 16 |
| $a:o$ | $= (100):(111) =$ | — | *43 51 |
| $p:o$ | $= (110):(111) =$ | — | *33 52 |
| $b:o$ | $= (010):(111) =$ | 65 42 | 65 43 |
| $a:o'$ | $= (100):(112) =$ | 58 45 | 58 48 |
| $c:o'$ | $= (001):(112) =$ | 36 41 | 36 39 |
| $b:o'$ | $= (010):(112) =$ | 72 47 | 72 49 |
| $p:o$ | $= (110):(1\bar{1}1) =$ | 65 1 | 64 58 |
| $p:o'$ | $= (110):(1\bar{1}2) =$ | 72 19 | 72 22 |
| $p:q$ | $= (110):(011) =$ | 72 52 | 72 48 |
| $p:q'$ | $= (110):(021) =$ | 65 46 | 65 47 |
| $p:q''$ | $= (110):(031) =$ | 63 8 | 63 10 |
| $p':o$ | $= (130):(111) =$ | 44 1 | 43 59 |
| $p':o'$ | $= (130):(112) =$ | 58 51 | 58 54 |
| $p':q$ | $= (130):(011) =$ | 59 8 | 59 11 |
| $p':q'$ | $= (130):(021) =$ | 44 21 | 44 22 |
| $q':o$ | $= (021):(111) =$ | 49 13 | 49 16 |
| $q':o'$ | $= (021):(112) =$ | 45 59 | 46 0 |
| $q:o'$ | $= (011):(112) =$ | 34 49 | 34 50 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, weniger nach $c\{001\}$.

Doppelbrechung positiv, schwach; Ebene der optischen Axen $a\{100\}$; $c$ 1. Mittellinie.

Brechungsindices nach Tutton:

| | bei gewöhnlicher Temperatur: | | | bei 100° C.: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | α | β | γ | α | β | γ |
| *Li*: | 1,5482 | 1,5504 | 1,5549 | 1,5450 | 1,5469 | 1,5501 |
| *C*: | 1,5487 | 1,5509 | 1,5554 | 1,5455 | 1,5474 | 1,5506 |
| *Na*: | 1,5515 | 1,5537 | 1,5582 | 1,5478 | 1,5497 | 1,5529 |
| *Tl*: | 1,5547 | 1,5570 | 1,5615 | 1,5509 | 1,5527 | 1,5560 |
| *F*: | 1,5586 | 1,5609 | 1,5655 | 1,5546 | 1,5564 | 1,5597 |
| *G*: | 1,5646 | 1,5668 | 1,5715 | — | — | — |

Winkel der optischen Axen:

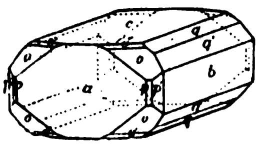
| | $2E$ | $2V_a$ |
|---|---|---|
| *Li*: | 120°25′ | 68°56′ |
| *C*: | 120 34 | 68 55 |
| *Na*: | 121 20 | 68 53 |
| *Tl*: | 122 3 | 68 51 |
| *F*: | 122 49 | 68 49 |

## Cäsiumselenat = $SeO_4Cs_2$.

Spec. Gew. 4,456 Tutton[54]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5700 : 1 : 0{,}7424$ Tutton[95]).

Fig. 630.



Die von Tutton (l. c. 74) untersuchten Krystalle zeigten die Formen: *a*{100}, *b*{010}, *c*{001}, *p*{110}, *p′*{130}, *q*{011}, *q′*{021}, *q‴*{012}, *o*{111}, *o′*{112} (Fig. 630). Die Krystalle sind mehr oder weniger tafelig nach der Basis; auch *a* und *b* sind gut entwickelt, treten jedoch manchmal gegen die anderen Formen zurück; *q′* kommt auch größer ausgebildet vor, als in Fig. 630; *p* fehlt meist; *o′* ist weniger häufig und klein; *q‴* selten. Sehr zerfließlich.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:p$ | = (100):(110) = | 29°41′ | 29°40′ |
| $a:p'$ | = (100):(130) = | 59 41 | 59 41 |
| $c:q$ | = (001):(011) = | 36 36 | 36 35 |
| $c:q'$ | = (001):(021) = | 56 2 | 56 3 |
| $c:q'''$ | = (001):(012) = | 20 22 | 20 23 |
| $a:o$ | = (100):(111) = | — | *43 43 |
| $p:o$ | = (110):(111) = | — | *33 42 |
| $b:o$ | = (010):(111) = | 65 40 | 65 39 |
| $a:o'$ | = (100):(112) = | 58 35 | 58 37 |
| $c:o'$ | = (001):(112) = | 36 52 | 36 50 |
| $b:o'$ | = (010):(112) = | 72 43 | 72 43 |
| $p:o$ | = (110):(1$\bar{1}$1) = | 64 55 | 64 56 |
| $p:o'$ | = (110):(1$\bar{1}$2) = | 72 12 | 72 8 |
| $p:q$ | = (110):(011) = | 72 50 | 72 51 |
| $p:q'$ | = (110):(021) = | 65 47 | 65 45 |
| $p':o$ | = (130):(111) = | 43 54 | 43 51 |
| $p':o'$ | = (130):(112) = | 58 42 | 58 34 |
| $p':q$ | = (130):(011) = | 59 2 | 59 2 |
| $p':q'$ | = (130):(021) = | 44 17 | 44 17 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q' : o = (021) : (111) =$ | $49^\circ 20'$ | $49^\circ 22'$ |
| $q' : o' = (021) : (112) =$ | $46 \quad 6$ | $46 \quad 11$ |
| $q : o' = (011) : (112) =$ | $34 \quad 58$ | $34 \quad 51$ |
| $q : o' = (0\bar{1}1) : (112) =$ | $62 \quad 16$ | $62 \quad 17$ |

Spaltbarkeit vollkommen nach $b\{010\}$, weniger nach $c\{001\}$.

Ebene der optischen Axen ist $c\{001\}$, $b$ 1. Mittellinie; Doppelbrechung schwach, bei gewöhnlicher Temperatur negativ, zwischen 60°—80° positiv; dann der Reihe nach für die verschiedenen Farben einaxig, dann wieder zweiaxig-negativ.

Brechungsindices nach Tutton:

| | bei gewöhnlicher Temperatur: | | | bei 100° C.: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
| *Li*: | 1,5950 | 1,5960 | 1,5964 | 1,5899 | 1,5901 | 1,5913 |
| *C*: | 1,5955 | 1,5965 | 1,5969 | 1,5904 | 1,5906 | 1,5918 |
| *Na*: | 1,5989 | 1,5999 | 1,6003 | 1,5939 | 1,5941 | 1,5953 |
| *Tl*: | 1,6024 | 1,6034 | 1,6038 | 1,5975 | 1,5977 | 1,5989 |
| *F*: | 1,6070 | 1,6080 | 1,6084 | 1,6021 | 1,6023 | 1,6035 |
| *G*: | 1,6138 | 1,6148 | 1,6152 | — | — | — |

Winkel der optischen Axen:

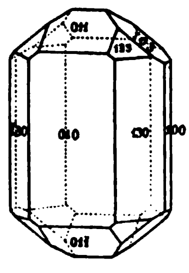
| | bei gewöhnlicher Temperatur: | | bei 82° C.: |
|---|---|---|---|
| | $2V$ | $2E$ | $2E$ |
| *Li*: | 73°29′ | 135° 0′ | 30°35′ |
| *C*: | 73 7 | 134 40 | 31 25 |
| *Na*: | 71 49 | 132 20 | 37 25 |
| *Tl*: | 70 18 | 130 40 | 43 30 |
| *F*: | 68 58 | 128 20 | 51 3 |

Beim Erwärmen vergrößert sich $2E$ rasch, so daß die Axe $a$ 1. Mittellinie wird, und bei 82° erreicht der von dieser halbierte Winkel $2E$ die in der vorstehenden 3. Columne angegebenen Werte; die Abnahme dieser Winkel schreitet so rasch fort, daß für *Li* die Einaxigkeit bereits bei 92°, für *Na* bei 94½°, für *F* bei 98° eintritt und bei 150° die in $b\{010\}$ wieder aus einander getretenen Axenbilder das Gesichtsfeld verlassen; bei 280° sind sie durch eine Platte ‖ $c\{001\}$ sichtbar, also die $c$-Axe 1. Mittellinie.

## Ammoniumselenat = $SeO_4(NH_4)_2$.

### Rhombische Modification.

Fig. 631.




Nur in isomorphen Mischungen bekannt. Eine solche, von Hauer dargestellt und für reines selensaures Salz gehalten, beschrieb Lang[96]); nach Tutton[97]) enthielten die Krystalle wahrscheinlich Sulfat; ihre Form ist in Fig. 631 wiedergegeben nach Langs Figur, aber mit Einsetzung der dem isomorphen Sulfate entsprechenden Symbole. Mischungen von $SeO_4(NH_4)_2$ und $SO_4(NH_4)_2$, in welchen das zweite Salz vorherrschte, von Tutton dargestellt, hatten die Form und auch fast genau die Winkel des reinen Sulfates. Besonders gut ausgebildete Krystalle erhielt Tutton von einer Mischung von 61% $SeO_4(NH_4)_2$ mit 39% $SeO_4Rb_2$;

96) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1862, 45 (II), 409.
97) Tutton, Journ. Chem. Soc. Lond. 1906, 89, 1059. Zeitschr. f. Krystall. 1906, 42, 529.

diese zeigten die Combination: $b\{010\}$, $p\{110\}$, $p'\{130\}$, $q\{011\}$, $q'\{021\}$. Die von Lang gemessenen Krystalle ergaben folgende Werte:

Spec. Gew. 2,077 Tutton.
Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}5335:1:0{,}7499 \text{ Lang.}$$

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| (011):(010) = | 53° 8′ | 53° 29′ |
| (103):(100) = | 64 55 | 65 27 |
| (130):(100) = | 58 1 | 58 0 ca. |
| (011):(130) = | 59 25 | — |
| (103):(011) = | — | *43 34 |
| (133):(103) = | — | *34 11 |
| (133):(13$\bar{3}$) = | 97 2 | 97 36 |
| (133):(1$\bar{3}$3) = | 68 22 | — |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$, $2V = 55°36'$ rot, $58°54'$ blau; $2E = 78°35'$ rot, $87°40'$ blau.

### Monokline Modification.

Spec. Gew. 2,194 Tutton[97]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}8900:1:1{,}1987; \quad \beta = 115°29' \text{ Tutton}^{97)}.$$

Topsøe[98]) erhielt beim Verdampfen der Lösung in gelinder Wärme oder gewöhnlicher Temperatur die Combination der Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$,

Fig. 632.

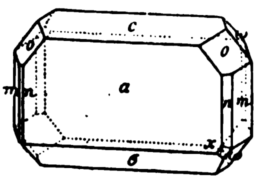


Fig. 633.

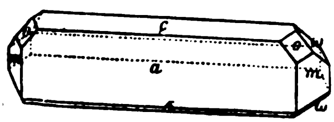


Fig. 634.

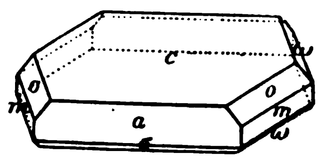
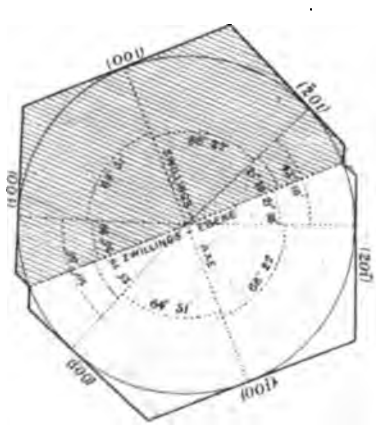


Fig. 635.



$\sigma\{20\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ in der Ausbildung der Fig. 632 (ohne $n$ und $x$) oder prismatisch durch gleichmäßige Entwickelung von $a$, $c$ und $\sigma$, nicht selten Zwillinge nach $c\{001\}$. Tutton beobachtete an den durch langsame Verdunstung an der Luft oder im Vacuum über Schwefelsäure erhaltenen Krystallen dieselben Formen und außerdem noch untergeordnet: $n\{310\}$ und $x\{31\bar{1}\}$; Habitus entweder tafelförmig nach $a$ (Fig. 632) oder prismatisch (Fig. 633), zuweilen auch tafelig nach $c\{001\}$ (Fig. 634); sehr häufig Zwillinge nach $c\{001\}$, deren Durchschnitt nach (010) in Fig. 635 mit Eintragung der Winkel gegeben ist.

98) Topsøe, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1872, 66 (II), 18.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Topsøe: |
|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *64° 31′ | 64° 27′ |
| $\sigma:a = (20\bar{1}):(100) =$ | 47° 7′ | 47 2 | 47 3 |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *59 38 | 59 45½ |
| $n:a = (310):(100) =$ | 29 38 | 29 36 | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 52 56 | 52 58 | 52 48 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 81 46 | 81 46 | 81 53 |
| $x:a = (31\bar{1}):(100) =$ | 43 44 | — | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 43 53 | 43 51 | 44 2 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 77 26 | 77 22 | 77 30 |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 43 16 | 43 19 | 43 2 |
| $\omega:\sigma = (11\bar{1}):(20\bar{1}) =$ | 55 47 | 55 50 | 55 48 |
| $\omega':m = (\bar{1}11):(110) =$ | 54 20 | 54 18 | 53 54 ca. |
| $m:x = (110):(31\bar{1}) =$ | 34 35 | 34 34 | — |
| $m:\sigma = (110):(20\bar{1}) =$ | 69 53 | 69 52 | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ sehr vollkommen, nach $c\{001\}$ vollkommen, $b\{010\}$ deutlich.

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$ und nahe parallel :{001}; die 1. Mittellinie, in $b\{010\}$ gelegen, bildet mit der $c$-Axe 113° 11′ im tumpfen Winkel $\beta$ (Mittelwert, für Rot 15′ größer als für Blau). Brechungs-ndices nach Tutton:

| | bei gew. Temp. | bei 80° | | bei gew. Temp. | bei 80° | | bei gew. Temp. | bei 80° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| :i: $\alpha =$ | 1,5561 | 1,5556 | $\beta =$ | 1,5584 | 1,5560 | $\gamma =$ | 1,5796 | 1,5764 |
| : | 1,5571 | 1,5563 | | 1,5594 | 1,5568 | | 1,5806 | 1,5773 |
| Va: | 1,5607 | 1,5599 | | 1,5630 | 1,5605 | | 1,5846 | 1,5812 |
| 7: | 1,5641 | 1,5637 | | 1,5665 | 1,5643 | | 1,5885 | 1,5852 |
| : | 1,5687 | 1,5682 | | 1,5713 | 1,5689 | | 1,5935 | 1,5900 |
| : | 1,5752 | — | | 1,5781 | — | | 1,6005 | — |

Bei ca. 100° werden $\alpha$ und $\beta$ für alle Farben nahezu identisch; die directe eobachtung lehrte, daß die Einaxigkeit eintritt für *Li* bei 110°, für *C* bei 11½°, für *Na* bei 114°, für *Tl* bei 116°, für *F* bei 119°. Axenwinkel bei wöhnlicher Temperatur:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $2V =$ | *Li*: 37° 10′, | *C*: 37° 19′, | *Na*: 37° 54′, | *Tl*: 38° 22′, | *F*: 38° 44′ |
| $2E$: | 59 1 | 59 22 | 60 44 | 61 33 | 62 29 |

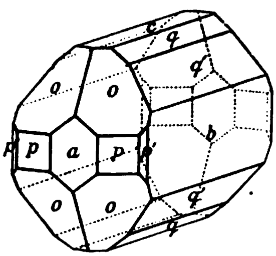
### Thalloselenat $= SeO_4Tl_2$.

Spec. Gew. 6,875 Tutton[77]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,5551:1:0,7243$ Tutton[77]).

Fig. 636.



Lang[99]) teilt eine Messung mit, welche an :h der $a$-Axe verlängerten Combinationen von 11} und $b\{010\}$ ohne meßbare Endflächen estellt worden war. Eine eingehendere Unter-hung führte Tutton (l. c. 360 bzw. 121) aus; erhielt beim Abkühlen von Lösungen, welche gewöhnliche Temperatur nur wenig übersättigt en, die Combination (Fig. 636): $b\{100\}$, $q'\{021\}$, 11}, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $a\{100\}$, $p\{110\}$, $p'\{130\}$;

99) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, 55 (II), 415.

oft sind die Krystalle dünnprismatisch, seltener tafelförmig nach $b\{010\}$ oder nach $c\{001\}$ oder nach einem Flächenpaare von $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Lang: |
|---|---|---|---|
| $a : p = (100) : (110) =$ | 29° 2′ | 29° 7′ | — |
| $p' : b = (130) : (010) =$ | 30 59 | 30 54 | — |
| $q : b = (011) : (010) =$ | 54 5 | 54 4 | 53° 45′ |
| $q' : b = (021) : (010) =$ | 34 37 | 34 41 | — |
| $o : q = (111) : (011) =$ | — | *46 35 | — |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 47 34 | 47 35 | — |
| $o : c = (111) : (001) =$ | — | *56 11 | — |
| $o : p = (111) : (1\bar{1}0) =$ | 63 56 | — | — |
| $p : q = (110) : (011) =$ | 73 28 | — | — |
| $p' : q = (130) : (011) =$ | 59 48 | — | — |
| $o : p' = (111) : (130) =$ | 43 59 | — | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ und $c\{001\}$.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $b$. Brechungsindices nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,9331 | 1,9426 | 1,9476 |
| *C*: | 1,9355 | 1,9450 | 1,9500 |
| *Na*: | 1,9493 | 1,9592 | 1,9640 |
| *Tl*: | 1,9635 | 1,9737 | 1,9782 |
| *F*: | 1,9840 | 1,9942 | 1,9987 |

Axenwinkel in Bromnaphthalin:

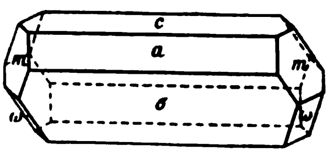
$2H_a$ für $C = 89°0'$, für $Na = 88°45'$, für $F = 88°20'$.

Aus diesen Werten und $\beta$ berechnet:

$2V$ für $C = 73°18'$, für $Na = 72°58'$, für $F = 72°22'$.

## Ammoniummolybdat = $MoO_4(NH_4)_2$.

Fig. 637.




Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,9542 : 1 : 1,2066;$

$\beta = 117°35'$ Marignac[100]).

Das Salz krystallisiert nach Marignac aus einer Lösung, welche Ammoniak im Überschusse enthält, in dünnen Tafeln (Fig. 637) der Combination: $\sigma\{20\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet Marignac: |
|---|---|---|
| $m : a = (110) : (100) =$ | — | *60° 0′ |
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *62 25 |
| $\sigma : a = (20\bar{1}) : (100) =$ | 48° 57′ | 49 0 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 76 37 | 77 0 |
| $\sigma : m = (20\bar{1}) : (110) =$ | — | *70 50 |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 99 50 | — |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 59 16 | 58 30 |
| $\omega : \sigma = (11\bar{1}) : (20\bar{1}) =$ | 56 34 | 56 30 |

100) Ch. de Marignac, Arch. de sc. phys. nat. Bibl. Univ. Genève 1855, **14**, 271. Oeuvres **1**, 412.

### Kaliumwolframat = $WO_4K_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,9702:1:1,2341$; $\beta = 113^\circ 15'$ Marignac[30]).

Marignac erhielt bei der Abkühlung einer warm gesättigten Lösung oder lurch Verdunsten bei gewöhnlicher Temperatur nadelförmige Zwillinge von dem Querschnitte der Fig. 635 (S. 356), gebildet von $c\{001\}$ (Zwillingsebene), $a\{100\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, am Ende $m\{110\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$, letztere mit einspringenden Winkeln.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *61° 5′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *66 45 |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 66° 18′ | 66 45 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 79 0 | 77 40 |
| $\sigma:m = (20\bar{1}):(110) =$ | 70 44 | 71 22 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *59 22 |
| $\omega:\sigma = (11\bar{1}):(20\bar{1}) =$ | 55 51 | 56 36 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 81 0 | 81 20 |

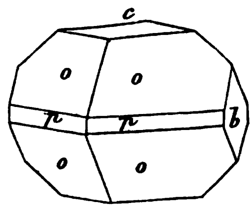
### Zinntrimethylsulfat = $SO_4(Sn.3CH_3)_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,8866:1:0,8501$ Hiortdahl[101]).

Hiortdahl beobachtete an dem von ihm dar-stellten Salze die Formen: $o\{111\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, $\{110\}$, $a\{100\}$, $r\{102\}$. Gewöhnlich ist $o$ vor-rrschend (Fig. 638), oft sehr unregelmäßig aus-bildet; manche Krystalle sind auch nach $c$ tafel-rmig.

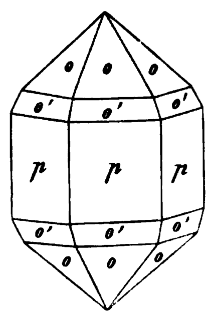
Fig. 638.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | 83° 7′ | 82° 56′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *52 2 |
| $o:b = (111):(010) =$ | — | 58 28 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 53 51 | 53 51 |
| $r:c = (102):(001) =$ | 25 37 | 25 32 |

### Zinntriäthylsulfat $SO_4(Sn.3C_2H_5)_2$.

Fig. 639.




Hexagonal. $a:c = 1:1,2656$ Hiortdahl[101]).

Das Salz wurde von Hiortdahl (l. c. 290) in großen ystallen der Combination (Fig. 639): $p\{10\bar{1}0\}$, $o\{10\bar{1}1\}$, $20\bar{2}1\}$ erhalten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:p = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | — | *34° 23′ |
| $o':p = (20\bar{2}1):(10\bar{1}0) =$ | 18° 53′ | 19 16 |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 48 44 | 48 27 |

Doppelbrechung positiv.

Die in der Flüssigkeit glänzenden Oktaëder der zweiten len Modification zerfallen an der Luft zu einem weißen ver; diejenigen des Zinntriäthylselenates sind luftbeständig (Hiortdahl l. c.).

101) Hiortdahl, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 291. Mit Correcturen von Negri, sta d. min. e crist. ital. 1891, 9, 71.

### Mercurosulfat = $SO_4Hg_2$.

Spec. Gew. 7,121 Schulten[102]), 8,353 Seyfriedsberger[103]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,9002:1:1,4086; \quad \beta = 91^\circ 45'$ Schulten[102]).

Seyfriedsberger[103]) hielt die von ihm untersuchten kleinen farblosen Krystalle, welche sich in einem Quecksilberofen in Idria gebildet hatten, für rhombisch. Schulten erhielt aus einer Mischung von saurer Mercuronitratlösung mit Schwefelsäure Krystalle der Combination: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, stets Zwillinge nach $c\{001\}$. Seyfriedsberger beobachtete außerdem die Formen: $\{203\}$, $\{120\}$, $\{230\}$, $\{111\}$, $\{11\bar{1}\}$. Die Messungen beider Autoren zeigen große Differenzen der Winkel.

| | Berechnet: | Beobachtet: Schulten: | Beobachtet: Seyfriedsberger: |
|---|---|---|---|
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *54° 37′ | 54° 43½′ |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *33 5 | 32° 55′—35° 23′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *58 40 | 55 45 —57 29 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 56° 11′ | 55° 0′—55° 24′ | (55 45 —57 29) |
| $m:a = (110):(100) =$ | 41 59 | 43 8 —43 35 | 43° 15′ |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ (Schulten), nach $m\{110\}$ (Seyfriedsberger).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\perp b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 14° im stumpfen Winkel $\beta$; durch $c\{001\}$ beide Axen sichtbar, Dispersion $\varrho < v$ (Schulten).

## Hydrate und Ammoniakverbindungen normaler Sulfate, Chromate usw. einwertiger Metalle.

Verbindungen mit einem Mol. $H_2O$ sind folgende untersucht: **Lithiumsulfat-Monohydrat** $= SO_4Li_2.H_2O$, ein bekanntes Beispiel monoklin-sphenoïdischer Symmetrie; derselben Klasse gehört jedenfalls auch das isomorphe **Lithiumselenat-Monohydrat** $= SeO_4Li.H_2O$ an, dessen Hemimorphie ebenso, wie früher die des Sulfates, bei der einzig vorhandenen älteren Untersuchung nicht berücksichtigt worden ist; ferner die beiden, rhombisch krystallisierenden, unzweifelhaft isomorphen Doppelsalze **Lithiumkaliummolybdat-Monohydrat** $= MoO_4KLi.H_2O$ und **Lithiumammoniummolybdat-Monohydrat** $= MoO_4(NH_4)Li.H_2O$.

Eine Verbindung von Lithiumsulfat mit 2 Mol. $H_2O$ ist nicht bekannt, wohl aber das entsprechende **Lithiumchromat-Dihydrat** $= CrO_4Li.2H_2O$, welches rhombisch krystallisiert. Natriumsulfat-Dihydrat $= SO_4Na_2.2H_2O$ scheint nicht zu existieren; allerdings ist unter dem Namen »Dihydrothenardit« 1878 ein Mineral von dieser Zusammensetzung beschrieben worden, dies beruhte aber auf einem Irrthume bei der Analyse (die untersuchten Krystalle waren solche von Blödit); auch die Verbindung $SeO_4Na_2.2H_2O$ kann nach Funk[1]) nicht erhalten werden, wohl aber die entsprechenden

102) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 113. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 181.
103) Seyfriedsberger, Zeitschr. f. Krystall. 1890, **17**, 436.

1) Funk, Ber. d. d. chem. Ges. 1900, **33**, 3696.

molybdänsauren und wolframsauren Salze. **Natriumchromat-Dihydrat** = $CrO_4Na_2.2H_2O$, welches Funk nicht erhielt, krystallisiert bei 35°—40° nach Wyrouboff[2]) schwierig in rhombischen Bipyramiden, welche denen des wasserfreien Natriumsulfates (S. 333) sehr ähnlich sind: $(111):(1\bar{1}1) = 42°$, $(111):(11\bar{1}) = 55\frac{1}{2}°$; Spaltbarkeit nach {010}; Doppelbrechung negativ, Axenebene {001}, 1. Mittellinie Axe $b$, $2H_a = 39°10'$ rot (eine Analyse dieser Krystalle ist nicht angegeben). **Natriummolybdat-Dihydrat** = $MoO_4Na_2.2H_2O$, schon früher von mehreren Chemikern dargestellt, krystallisiert nach Ullik[3]) in äußerst dünnen rectangulären oder rhombischen Blättchen und ist wahrscheinlich mit dem folgenden Salze isomorph (Messungen liegen nicht vor). **Natriumwolframat-Dihydrat** = $WO_4Na_2.2H_2O$ bildet tafelförmige rhombische Krystalle. Die Doppelsalze **Natriumammoniumsulfat-Dihydrat** = $SO_4(NH_4)Na.2H_2O$ und **Natriumammoniumchromat-Dihydrat** = $CrO_4(NH_4)Na.2H_2O$ krystallisieren rhombisch und sind isomorph; die Mischungen dieser beiden Verbindungen, in welchen die Ebenen der optischen Axen zu einander senkrecht sind, bilden nach $b${010} tafelförmige Krystalle, deren optische Eigenschaften auf Zwillingsbildung nach $r${101} hinweisen (Wyrouboff[4])). Von hierher gehörigen Kaliumsalzen ist nur das monokline **Kaliumwolframat-Dihydrat** = $WO_4K_2.2H_2O$ bekannt.

Hydrate, welche auf 1 Mol. der Säure 3 Mol. $H_2O$ enthalten, sind die isomorphen Doppelsalze: **Lithiumtrinatriumsulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2Na_3Li.6H_2O$, **Lithiumtrinatriumchromat-Hexahydrat** = $(CrO_4)_2Na_3Li.6H_2O$, **Lithiumtrinatriumselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)_2Na_3Li.6H_2O$, **Lithiumtrinatriummolybdat-Hexahydrat** = $(MoO_4)_2Na_3Li.6H_2O$ und **Lithiumtrinatriumwolframat** = $(WO_4)_2Na_3Li.6H_2O$, außerdem eine intermediäre Verbindung, **Lithiumtrinatriumsulfatochromat-Hexahydrat** = $3(SO_4)Na_2.3H_2O + CrO_4Li_2.3H_2O$, welche wohl als eine isomorphe Mischung $(\frac{3}{2}S, \frac{1}{2}Cr)O_8Na_3Li.3H_2O$ aufzufassen ist; alle diese Salze krystallisieren ditrigonal-bipyramidal, und zwar zeigen diejenigen mit größerem Molekulargewichte im allgemeinen höhere Werte des Verhältnisses $c:a$.

Von Salzen mit 4 Mol. $H_2O$ ist nur eines untersucht, das monokline **Natriumchromat-Tetrahydrat** = $CrO_4Na_2.4H_2O$.

Einen etwas höheren Wassergehalt haben die beiden isomorphen, hexagonal krystallisierenden Doppelsalze: **Tetranatriumdikaliumtrimolybdat** und **-wolframat-Tessarakaidekahydrat** = $(MoO_4)_3K_2Na_4.14H_2O$ und $(WO_4)_3K_2Na_4.14H_2O$.

**Natriumsulfat-Heptahydrat** = $SO_4Na_2.7H_2O$ bildet große, aber an der Luft sofort matt werdende tetragonale Krystalle. Die entsprechenden Salze der Chromsäure, Selensäure usw. scheinen nicht existenzfähig zu sein.

2) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1879, **2**, 177. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **4**, 418.

3) Ullik, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, **55** (II), 767. Ann. d. Chemie **144**, 204, 320.

4) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1882, **5**, 272. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 591.

Vollständiger ist dagegen die Reihe der Verbindungen mit 10 Mol. $H_2O$ bekannt. Hierher gehört das bei allen Temperaturen unter 33° aus reinen Lösungen sich bildende **Natriumsulfat-Dekahydrat** (Glaubersalz) = $SO_4Na_2.10H_2O$, von dessen flächenreichen monoklinen Formen nur ältere Messungen vorliegen. Damit isomorph sind **Natriumchromat-Dekahydrat** = $CrO_4Na_2.10H_2O$ und **Natriumselenat-Dekahydrat** = $SeO_4Na_2.10H_2O$, wahrscheinlich auch das entsprechende molybdänsaure Salz, welches Gentele (Journ. f. prakt. Chemie 1860, 81, 411) in Glaubersalz ähnlichen Krystallen erhielt, und das von Funk[1]) (l. c. 3700) dargestellte $WO_4Na_2.10H_2O$; die Existenz des analogen mangansauren Salz ist nach Funk fraglich.

Endlich hat Mitscherlich[5]) noch drei isomorphe Ammoniakverbindungen des schwefelsauren, chromsauren und selensauren Silbers beschrieben, welche in tetragonalen Prismen $a\{100\}$ mit $c\{001\}$ und den untergeordneten Flächen von $m\{110\}$ und $o\{111\}$ krystallisieren:

**Tetrammin-Silbersulfat** = $SO_4Ag_2.4NH_3$: $a:c = 1:0{,}5328$, $o:m = (111):(110) =$ *53° 0′ beob., $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ 50° 22′ ber.

**Tetrammin-Silberchromat** = $CrO_4Ag_2.4NH_3$: $a:c = 1:0{,}5478$, $o:m = (111):(110) =$ *52° 13′ beob.

**Tetrammin-Silberselenat** = $SeO_4Ag_2.4NH_3$: $a:c = 1:0{,}5380$, $o:m = (111):(110) =$ *52° 44′ beob.

### Lithiumsulfat-Monohydrat = $SO_4Li_2.H_2O$.

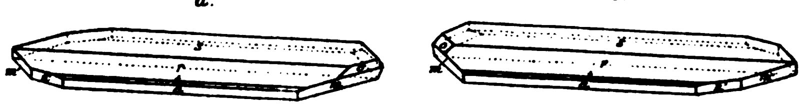
Spec. Gew. 2,062 Johnsen[6]), 2,052—2,066 Pettersson[7]).

Monoklin sphenoidisch.

$a:b:c = 1{,}6066:1:0{,}5633$; $\beta = 92° 5'$ Nenadkewitsch[8]).

Scacchi[9]) erhielt besonders gute Krystalle aus sauren Lösungen; dieselben zeigten die Formen (vgl. Fig. 640 a. und b.): a) $r\{101\}$, $s\{\bar{1}01\}$, $a\{100\}$, $t\{301\}$, $u\{30\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $o\{121\}$, $m'\{1\bar{1}0\}$, $n'\{2\bar{1}0\}$, $\zeta'\{3\bar{2}1\}$, $\zeta\{\bar{3}21\}$, $\omega\{\bar{1}21\}$; b) $r\{101\}$, $s\{\bar{1}01\}$, $a\{100\}$, $t\{301\}$, $u\{30\bar{1}\}$, $m\{1\bar{1}0\}$, $o\{1\bar{2}1\}$, $m'\{110\}$, $n'\{210\}$, $\zeta'\{\bar{3}21\}$,

Fig. 640.



$\zeta\{\bar{3}\bar{2}1\}$, $\omega\{\bar{1}\bar{2}1\}$; bei sehr langsamer Verdunstung neutraler Lösungen bildeten sich Tafeln nach $s'$, an deren Seiten $m$ und $m'$ vorherrschten. Bei den älteren

5) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1828, 12, 141. M.s Ges. Schriften 248.

6) Johnsen, N. Jahrb. f. Min. usw. 1907, Beil.-Bd. 23, 274.

7) Pettersson, Nova Acta Upsal. 1874.

8) Nenadkewitsch, Bull. Soc. Imp. Natur. Moscou 1902, 16, 335. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 39, 618. Die obigen Elemente nach Scacchis Stellung neu berechnet von Goßner.

9) A. Scacchi, Atti R. Accad. sc. fis. mat. Napoli 1868, 3, Sep. 5.

Untersuchungen von Troost[10]), Grailich[11]) und Rammelsberg[12]) war die Hemimorphie der Krystalle nicht berücksichtigt worden; Grailich beobachtete außer den angeführten Formen noch kleine Flächen von $b\{010\}$ oder $b\{0\bar{1}0\}$ (welches von beiden ist aus dem eben angegebenen Grunde nicht zu entscheiden). Traube[13]) benutzte zur pyroëlektrischen Prüfung aus wässeriger Lösung durch langsame Verdunstung dargestellte Krystalle von der Combination Fig. 640 a, bzw. b. Nenadkewitsch erhielt aus neutraler Lösung dieselben Formen, ohne *o* und *t*, aus saurer dagegen nach *s* tafelförmige Krystalle mit *t*. Johnsen erhielt aus reiner Lösung die Combination *r*, *s*, *a*, *m*, *m'*, *o*, *o'*, *n* und *n'*. Häufig ist Zwillingsbildung nach $s\{10\bar{1}\}$, nach Nenadkewitsch auch Verwachsungen zweier gleicher Krystalle nach dieser Ebene, wobei die Normale derselben Zwillingsaxe ist; auch Johnsen (l. c. S. 323) beobachtete beide Zwillingsgesetze.

| | Berechnet: | Beobachtet: Nenadkewitsch: | Johnsen: | Scacchi: | Grailich: | Rammelsberg: | Troost: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a:m = (100):(110)$ | — | *58° 5′ | 58° 2′ | 58° 8′ | 57° 27′ | 58° ca. | 57° 37′ |
| $a:n = (100):(210)$ | 38° 45′ | 38 43 | 38 51 | — | 37 55 | 37 58′ | 38 44 |
| $a:r = (100):(101)$ | — | *68 50 | 68 53 | — | 68 36 | 69 35 | 67 34 |
| $a:t = (100):(301)$ | 42 34 | 42 45 | — | — | — | — | — |
| $a:s = (100):(10\bar{1})$ | — | *72 32 | 72 26 | 72 55 | 72 24 | — | 72 46 |
| $a:u = (100):(30\bar{1})$ | 44 32 | 44 42 | — | 44 45 | — | 43 48 | — |
| $a:\zeta = (100):(32\bar{1})$ | 56 4 | — | — | — | — | — | — |
| $a:\omega = (100):(12\bar{1})$ | 78 14 | — | — | — | — | — | — |
| $a:o = (100):(121)$ | 75 35 | — | — | — | — | — | — |
| $u:\zeta = (30\bar{1}):(32\bar{1})$ | 38 27 | — | — | — | — | — | — |
| $s:\zeta' = (\bar{1}01):(\bar{3}\bar{2}1)$ | 46 15 | 46 3 | — | — | 45 42 | — | — |
| $s:\omega = (\bar{1}01):(\bar{1}21)$ | 47 12 | 47 2 | — | — | — | — | — |
| $r:o = (101):(121)$ | 46 24 | 46 13 | 46 13 | — | — | — | — |
| $s:o = (\bar{1}01):(121)$ | 57 24 | 57 22 | 57 18 | — | — | — | — |
| $r:\omega = (101):(\bar{1}21)$ | 57 56 | 57 45 | — | — | — | — | — |
| $s:m = (10\bar{1}):(110)$ | 80 59 | 80 49 | — | — | 80 45½ | 79 45 | — |
| $r:m = (101):(1\bar{1}0)$ | 78 59 | — | 79 4 | — | — | 78 50 | — |
| $u:o = (\bar{3}01):(\bar{1}21)$ | 53 8 | — | — | — | — | — | — |
| $t:o = (301):(121)$ | 51 43 | — | — | — | — | — | — |
| $u:m = (30\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | 67 51 | — | — | — | — | — | — |
| $t:m = (301):(1\bar{1}0)$ | 67 5 | — | — | — | — | — | — |
| $u:n = (30\bar{1}):(2\bar{1}0)$ | 56 13 | 56 22 | — | — | — | — | — |
| $t:n = (301):(2\bar{1}0)$ | 54 56 | — | — | — | — | — | — |
| $s:n = (10\bar{1}):(2\bar{1}0)$ | 76 28 | 76 25 | — | — | — | 75 15 | — |
| $r:n = (101):(2\bar{1}0)$ | 73 38 | 73 25 | — | — | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $r\{101\}$ vollkommen (Nenadkewitsch und Johnsen), nach $a\{100\}$ deutlich, nach $m\{110\}$ weniger deutlich (Scacchi), nach $s\{10\bar{1}\}$ (Grailich).

Ätzfiguren auf $a\{100\}$ unsymmetrisch.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; *b* 2. Mittellinie (Grailich).

Der analoge Pol der elektrischen Axen liegt an demjenigen Ende, an dem die Flächen *n* auftreten (Scacchi, Traube).

---

10) Troost, Ann. chim. phys. 1857, (3) **51**, 132.

11) Grailich, Krystallogr.-opt. Untersuchungen, Preisschr. Wien 1858, 134.

12) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1866, **128**, 311.

13) Traube, N. Jahrb. f. Min. usw. 1892, **2**, 66. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**, 173.

### Lithiumselenat-Monohydrat = $SeO_4Li_2 . H_2O$.

Spec. Gew. 2,565 Pettersson[7]), 2,439 Topsøe[14]).
Monoklin sphenoidisch.

$$a:b:c = 1,6022:1:0,5442; \quad \beta = 91^{\circ}32' \text{ Topsøe}^{14)}.$$

Das von Topsøe dargestellte Salz bildet Tafeln nach $s\{10\bar{1}\}$ mit den Randflächen $a\{100\}$, $r\{101\}$, $u\{30\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $m'\{1\bar{1}0\}$. Zwillinge nach einem Pinakoide 2. Art.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *63° 57′ |
| $r:a = (101):(100) =$ | 70° 1′ | — |
| $u:a = (30\bar{1}):(100) =$ | 45 9 | 44 42 |
| $u:s = (30\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | — | *27 20 |
| $s:m = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *80 50 |

Spaltbarkeit nach $s\{10\bar{1}\}$ vollkommen.

### Lithiumkaliummolybdat-Monohydrat = $MoO_4KLi . H_2O$.

Spec. Gew. 2,696 Traube[15]).
Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,6052:1:0,7261 \text{ Traube}^{15)}.$$

Dargestellt von Traube durch Lösen äquivalenter Mengen von Kaliumcarbonat, Lithiumcarbonat und Molybdänsäure in Wasser. Beobachtete Formen: $m\{110\}$ vorherrschend, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $k\{021\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $v\{122\}$, $x\{142\}$, $s\{104\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 62° 22′ | 62° 13′ |
| $k:k = (021):(02\bar{1}) =$ | 69 6 | 68 56 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *49 52 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *88 18 |
| $o:m = (111):(110) =$ | 35 12 | 35 19 |
| $s:c = (104):(001) =$ | 16 42 | 16 53 |
| $v:v' = (122):(\bar{1}22) =$ | 51 47 | 51 59 |
| $v:o = (122):(111) =$ | 18 16 | 18 4 |
| $x:x' = (142):(\bar{1}42) =$ | 37 35 | 37 48 |

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen $a\{100\}$, $c$ 1. Mittellinie.

### Lithiumammoniummolybdat-Monohydrat = $MoO_4(NH_4)Li . H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,5917:1:0,7115 \text{ Traube}^{15)}.$$

Die ebenso, wie das vorhergehende Salz, dargestellten großen wasserhellen Krystalle zeigen die Formen: $m\{110\}$, $v\{122\}$ und $x\{142\}$ in ungefähr gleicher Größe, selten noch $a\{100\}$, niemals dagegen $o\{111\}$; $x$ hat stark gerundete, nicht meßbare Flächen. Bei längerem Fortwachsen in der Mutterlauge verschwinden alle Formen bis auf $v\{122\}$.

14) Topsøe, Kryst.-kem. Unders. o. d. selens. Salte. Dissert. Kopenhagen 1870, 15. Die Elemente neu berechnet von Goßner.

15) Traube, N. Jahrb. f. Min. usw. 1894, 1, 192. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 26, 644. Die Symbole der Formen $x$ und $k$ sind sowohl im Originale, als in dem vom Verf. selbst besorgten Auszuge durchweg falsch angegeben.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *61° 54′ |
| $v:v' = (122):(\bar{1}22) =$ | — | *52 12 |
| $v:v = (122):(1\bar{2}2) =$ | 62° 51′ | 63 24 |

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen $a\{100\}$, $c$ 1. Mittellinie.

### Lithiumchromat-Dihydrat = $CrO_4Li_2.2H_2O$.

Rhombisch.

$a:b:c = 0{,}662:1:0{,}466$ Rammelsberg[12]).

Dargestellt von Rammelsberg (l. c. 322) durch Sättigen von Chromsäure mit Lithiumcarbonat. Prismen $m\{110\}$ mit schmalen Flächen $a\{100\}$ und $b\{010\}$, am Ende $q\{011\}$, zuweilen noch $n\{120\}$, $l\{130\}$, $r\{101\}$. Zerfließlich.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *56° 30′ |
| $n:m = (120):(110) =$ | 19° 26′ | 19 30 |
| $l:m = (130):(110) =$ | 29 46 | 29 0 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *50 0 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 76 31 | 76 15 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 70 20 | — |
| $r:q = (101):(011) =$ | 42 12 | 42 0 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 61 18 | — |

### Natriumwolframat-Dihydrat = $WO_4Na_2.2H_2O$.

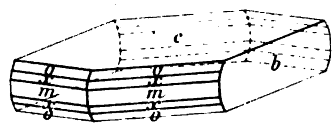
Spec. Gew. 3,23—3,26 Davis[16]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8002:1:0{,}6470$ Marignac[17]).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $x\{221\}$ (Fig. 641). Die Krystalle sind sehr dünne Blättchen nach $c$. Sie wurden von Rammelsberg[18]) und Marignac[17]) gemessen.

Fig. 641.




| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *77° 20′ | 78° 2′ |
| $c:o = (001):(111) =$ | — | *46 0 | 46 16 |
| $c:x = (001):(221) =$ | 64° 14′ | 64 20 | 64 26 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 53 25 | 53 10 | 53 8 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 68 20 | — | 68 18 |
| $x:x = (221):(2\bar{2}1) =$ | 68 29 | 68 50 | 69 12 |
| $x:x' = (221):(\bar{2}21) =$ | 89 21 | — | 89 0 |

### Natriumammoniumsulfat-Dihydrat = $SO_4(NH_4)Na.2H_2O$
(nat. Lecontit).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}4859:1:0{,}6330$ Mitscherlich[19]).

Dieses Doppelsalz bildet sich nach Mitscherlich aus einer Lösung, welche überschüssiges $SO_4(NH_4)_2$ enthält, in Prismen $m\{110\}$ mit $b\{010\}$ und den

16) Davis in Clarke, Spec. Grav. f. Sol. etc. Washington 1888, 106.
17) Ch. de Marignac, Ann. chim. phys. 1863, (3) 69, 22. Oeuvres 2, 86.
18) Rammelsberg, Handb. d. kryst. Chemie, Berlin 1855, 193.
19) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1843, 58, 568. M.s Ges. Schr. 535.

Endflächen *q*{011}, *k*{012}, *r*{101}, *x*{212}, *c*{001}. Von C. v. Hauer dargestellte Krystalle zeigten nach Lang[20]) ähnliche Ausbildung, nur statt *x* die Form *o*{111} und außerdem untergeordnet *t*{021}, *n*{120} und *a*{100}. Die Bipyramiden *o* und *x* sind nur durch Zonen bestimmt.

Die natürlichen Krystalle zeigen die Formen: *t*{021}, *q*{011}, *m*{110}.

| | Berechnet: | Beobachtet: Mitscherlich: | v. Lang: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *51° 50′ | 51° 58′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *64 40 | 64 58 |
| $k:k = (012):(0\bar{1}2) =$ | 35° 8′ | — | 34 38 |
| $b:t = (010):(021) =$ | 38 16 | — | 38 8 |
| $b:n = (010):(120) =$ | 45 49 | — | 46 22 |

Spaltbarkeit nach *m*{110}.

Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen *c*{001}, *a* 1. Mittellinie; $2E = 62°30'$ rot, $64°30'$ gelb, $66°30'$ grün, $69°0'$ blau (v. Lang).

### Natriumammoniumchromat-Dihydrat = $CrO_4(NH_4)Na.2H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,4780:1:0,6437$ Wyrouboff[2]).

Das Doppelsalz krystallisiert nach Wyrouboff (l. c. 175) leicht beim Erkalten einer Lösung von Ammoniumdichromat, welche in der Wärme mit Soda neutralisiert war, in Tafeln nach *b*{010} mit den Randflächen *c*{001}, *m*{110}, *r*{101}, *q*{011}, *o*{111}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *51° 6′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 42° 0′ | 42 16 |
| $o:{}'o = (111):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 82 54 | — |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 67 12 | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 65 32 | 65 42 |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *53 24 |

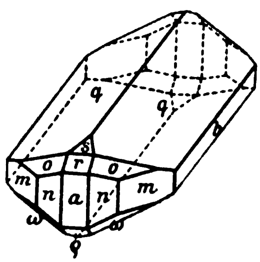
Spaltbarkeit nach *m*{110} deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene *a*{100}; 1. Mittellinie Axe *b*.

| | | |
|---|---|---|
| $2H_a$ rot $= 93°15'$ | $2H_o$ rot $= 108°0'$ | $2V$ rot $= 83°52'$ |
| $2H_a$ grün $= 80\ 15$ | $2H_o$ grün $= 129\ 30$ | $2V$ grün $= 70\ 56$ |

### Kaliumwolframat-Dihydrat = $WO_4K_2.2H_2O$.

Fig. 642.




Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,9998:1:0,7830;$

$\beta = 110°57'$ Marignac[17]).

Dargestellt von Marignac (l. c. 20 bzw. 85) aus Lösungen unter 10°. Beobachtete Formen: *q*{012}, *b*{010}, *m*{110}, *a*{100}, *n*{210}, *ω*{11$\bar{1}$}, *ρ*{10$\bar{1}$}, *r*{101}, *o*{111}, *s*{104} (Fig. 642). Krystalle prismatisch oder tafelig; *q* ist meist vorherrschend; *o*, *r* und *s* fehlen oft oder sind nur sehr klein.

20) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1862, 45, 108.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | 86° 8′ | 86°15′ |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0)$ = | 50 5 | 50 0 |
| $q:q = (012):(0\bar{1}2)$ = | — | *40 10 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | 52 47 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ = | 70 57 | 71 0 |
| $a:r = (100):(101)$ = | 39 20 | 39 0 ca. |
| $a:s = (100):(104)$ = | 59 22 | 59 0 |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1})$ = | — | *65 32 |
| $a:q = (100):(012)$ = | 70 23 | 70 0 |
| $a:o = (100):(111)$ = | 46 9 | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1})$ = | 70 17 | — |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11)$ = | 63 34 | — |
| $m:q = (110):(012)$ = | 61 20 | 60 55 |
| $m:\omega = (110):(11\bar{1})$ = | 50 1 | 50 16 |
| $n:\varrho = (210):(10\bar{1})$ = | 67 58 | — |
| $n:r = (210):(101)$ = | 45 31 | — |
| $n:q = (210):(012)$ = | 63 17 | 63 20 |
| $r:q = (101):(012)$ = | 35 21 | 35 10 |
| $r:\omega' = (101):(\bar{1}11)$ = | 77 56 | — |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(012)$ = | — | *48 45 |
| $\varrho':o = (\bar{1}01):(111)$ = | 76 43 | — |
| $\omega':q = (\bar{1}11):(012)$ = | 42 35 | 42 0 |

## Lithiumtrinatriumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2Na_3Li.6H_2O$.

Spec. Gew. 2,009 Johnsen[6]).
Ditrigonal pyramidal.

$$\alpha = 100^\circ 4' \; (a:c = 1:0{,}9061 \text{ Traube}^{15)}).$$

Mitscherlich[19]) (l. c. 470 bzw. 535), welcher das Salz zuerst darstellte, beobachtete das Rhomboëder $o\{11\bar{1}\}$, Scacchi[9]) (l. c. 24f.), der die Bedingungen der Bildung und die Zusammensetzung bestimmte, die Combination: $o\{11\bar{1}\}$, $r\{100\}$, $c\{111\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $y\{31\bar{1}\}$. Die flächenreichsten Krystalle beschrieb Rammelsberg[12]) (l. c. 315); sie zeigten die Formen: $r\{100\}$, $c\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $z\{3\bar{1}\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $x\{51\bar{3}\}$, $y\{31\bar{1}\}$. Die aus Rammelsbergs Abbildung hervorgehende Polarität der Hauptaxe wurde von Traube (l. c. 187) näher festgestellt; nach ihm treten am einen Ende $c$, $x$ und vorherrschend $r$ auf, am anderen Ende ist $c$ fehlend oder kleiner, $o$ vorherrschend, $x$ immer fehlend. Nach Rammelsberg zeigen die Krystalle oft monoklinen Habitus durch vorherrschende Ausdehnung der Zone $(100):(11\bar{1})$. Johnsen[6]) (l. c. 245) beobachtete $c'\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ groß, $c\{111\}$ klein oder fehlend, $r\{100\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $x\{51\bar{3}\}$, $\varrho\{\bar{1}00\}$, $\omega\{\bar{1}\bar{1}1\}$, $\xi\{\bar{5}\bar{1}3\}$, $a\{10\bar{1}\}$, die vier letzteren klein oder fehlend, ferner Zwillinge mit paralleler Hauptaxe, aber entgegengesetzten Polen derselben.

| | Berechnet: | Beobachtet: Traube: | Rammelsberg: | Mitscherlich: | Scacchi: | Johnsen: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $r:r = (100):(010)$ = | — | *77°32′ | — | — | — | — |
| $r:c = (100):(111)$ = | 46°18′ | 46 21 | 46°10′ | — | — | 45°59′ |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}1)$ = | 102 47 | 102 39 | 102 35 | 102°28′ | 102°20′ | — |
| $r:\omega = (100):(1\bar{1}\bar{1})$ = | 69 15 | 69 15 | 69 30 | — | — | — |
| $c:z = (111):(3\bar{1}\bar{1})$ = | 76 34 | — | 76 25 | — | — | — |
| $a:z = (10\bar{1}):(3\bar{1}\bar{1})$ = | 32 37 | — | 32 45 | — | — | — |

| | Berechnet: | Beobachtet: Traube: | Rammelsberg: | Mitscherlich: | Scacchi: | Johnsen: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $o:x = (11\bar{1}):(51\bar{3}) =$ | 27° 33′ | 27° 14′ | 27° 30′ | — | — | — |
| $o:y = (11\bar{1}):(31\bar{1}) =$ | 28 52 | — | 29 ca. | — | — | — |
| $x:y = (51\bar{3}):(31\bar{1}) =$ | — | — | 17 30 ca. | — | — | — |
| $o:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 64 13[21] | — | — | — | — | 64° 15′ |
| $x:c = (51\bar{3}):(111) =$ | 67 18[21] | — | — | — | — | 67 16 |

Doppelbrechung negativ.

### Lithiumtrinatriumchromat-Hexahydrat = $(CrO_4)_2Na_3Li.6H_2O$.

Ditrigonal pyramidal.

$\alpha = 100°30'$ ($a:c = 1:0{,}8978$ Traube[15]).

Aus einer durch Lithiumcarbonat abgestumpften Lösung von Natriumbichromat erhalten. Von Traube beobachtete Formen: $r\{100\}$, $c\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $x\{51\bar{3}\}$. Die zuerst entstandenen Krystalle zeigten die Ausbildungsweise des Sulfates; bei längerem Fortwachsen wurde der Habitus prismatisch, indem ein nicht bestimmbares, sehr steiles, positives Rhomboëder mit stark gerundeten Flächen vorherrschend auftrat.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | 77° 7′ | 77° 9′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *46 2 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | 104 3 | 104 11 |
| $o:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 64 8 | 64 12 |
| $r:x = (100):(51\bar{3}) =$ | 27 29 | 27 34 |

Farbe gelb.

### Lithiumtrinatriumselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2Na_3Li.6H_2O$.

Ditrigonal pyramidal.

$\alpha = 100°42'$ ($a:c = 1:0{,}9029$ Traube[15]).

Entsteht nach Traube aus einer Lösung, die $SeO_4Na_2$ und $SeO_4Li_2$ im Verhältnisse 1:1 enthält. Beobachtete Formen: $r\{100\}$, $c\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $x\{51\bar{3}\}$. Ausbildung analog dem Sulfate.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | — | *77° 20′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | 46° 10′ | 46 15 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | 102 41 | 102 22 |
| $o:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 64 23 | 64 33 |
| $o:x = (11\bar{1}):(51\bar{3}) =$ | 27 29 | 27 8 |

Doppelbrechung negativ.

### Lithiumtrinatriummolybdat-Hexahydrat = $(MO_4)_2Na_3Li.6H_2O$.

Ditrigonal pyramidal.

$\alpha = 100°36'$ ($a:c = 1:0{,}8957$ Traube[15]).

Aus einer Lösung, welche aus $CO_3Na_2$ und $CO_3Li_2$ im Verhältnisse 1:1 und der entsprechenden Menge Molybdänsäure dargestellt worden war, erhielt Traube (l. c. 190) große wasserhelle Krystalle mit den Formen: $r\{100\}$, $c\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $x\{51\bar{3}\}$.

---

21) Berechnet von Johnsen aus seinem Werte für $c:o$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $r:r$ | $= (100):(010) =$ | — | *76° 58′ |
| $r:c$ | $= (100):(111) =$ | 44° 2′ | 43 59 |
| $o:o$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | 102 24 | 102 10 |
| $o:c$ | $= (11\bar{1}):(111) =$ | 64 9 | 64 2 |
| $o:x$ | $= (11\bar{1}):(51\bar{3}) =$ | 27 28 | 27 34 |

Doppelbrechung negativ.

### Lithiumtrinatriumwolframat-Hexahydrat = $(WO_4)_2Na_3Li.6H_2O$.

Ditrigonal pyramidal.

$\alpha = 100°34'$ ($a:c = 1:0,8947$ Traube[15])).

Beobachtete Formen: $r\{100\}$, $c\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $x\{51\bar{3}\}$. Große, wasserhelle Krystalle.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $r:r$ | $= (100):(010) =$ | 77° 57′ | 77° 1′ |
| $r:o$ | $= (100):(11\bar{1}) =$ | — | *51 13 |
| $r:c$ | $= (100):(111) =$ | 45 56 | 45 59 |
| $o:o$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | 102 26 | 102 27 |
| $o:c$ | $= (11\bar{1}):(111) =$ | 64 11 | 64 6 |
| $o:x$ | $= (11\bar{1}):(51\bar{3}) =$ | 27 28 | 27 33 |

Doppelbrechung negativ.

### Lithiumtrinatriumsulfatochromat-Hexahydrat = $(\frac{1}{2}S,\frac{1}{2}Cr)O_8Na_3Li.6H_2O$.

Ditrigonal pyramidal.

$\alpha = 100°30'$ ($a:c = 1:0,8982$ Traube[15])).

Entsteht nach Traube (l. c. 189) aus einer Lösung, welche $SO_4Na_2$ und $CrO_4Li_2$ oder $CrO_4Na_2$ und $SO_4Li_2$ im Verhältnisse 1:1 enthält. Beobachtete Formen: $r\{100\}$, $c\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $a\{10\bar{1}\}$, $x\{51\bar{3}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $r:r$ | $= (100):(010) =$ | — | *77° 8′ |
| $r:c$ | $= (100):(111) =$ | 46° 3′ | 46 5 |
| $o:o$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | 102 32 | 102 32 |
| $o:c$ | $= (11\bar{1}):(111) =$ | 64 17 | 64 12 |
| $o:x$ | $= (11\bar{1}):(51\bar{3}) =$ | 27 29 | 27 32 |

Doppelbrechung negativ.
Farbe hellgelb.

### Natriumchromat-Tetrahydrat = $CrO_4Na_2.4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1119:1:1,0624$; $\beta = 105°4'$ Traube[22]).

Wyrouboff[23]) beobachtete an dem bei 25°—29° krystallisierten Salze die Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $u\{012\}$, $k\{021\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $i\{112\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$, $x\{221\}$, $z\{211\}$, $\zeta\{21\bar{1}\}$, $\varphi\{21\bar{2}\}$; Traube nur $c\{001\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $u\{012\}$, $k\{021\}$ und einige nicht bestimmbare Formen mit gerundeten Flächen. Die Krystalle sind stark nach der $a$-Axe verlängert; die Flächen sind gestreift und gestatten keine genauen Messungen. Oft Zwillinge nach $c\{001\}$.

22) Traube, Zeitschr. f. Krystall. 1894, 22, 141.
23) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1880, 3, 76. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 626.

| | Berechnet: | Beobachtet: Traube: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *47° 2′ | 46° 55′ |
| $a:n = (100):(210) =$ | 28° 14′ | — | 28 21 |
| $c:q = (001):(011) =$ | — | *46 44 | 46 24 |
| $c:u = (001):(012) =$ | 27 59 | 28 0 | 27 25 |
| $c:k = (001):(021) =$ | 64 48 | 64 51 | 66 0 ca. |
| $c:a = (001):(100) =$ | — | *74 56 | 75 7 |
| $c:i = (001):(112) =$ | 31 32 | — | 32 40 |
| $c:x = (001):(221) =$ | 61 31 | — | 62 33 |
| $c:z = (001):(211) =$ | 54 40 | — | 55 0 ca. |
| $c:\zeta' = (001):(\bar{2}11) =$ | 76 35 | — | 77 1 |
| $c:\xi' = (001):(\bar{2}21) =$ | 79 40 | — | 80 0 ca. |
| $c:\varphi' = (001):(\bar{2}12) =$ | 54 35 | — | 56 1 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$ 4° 32′ für Rot, 7° 4′ für Grün; $2E = 16°10'$ für Rot, 36° 22′ für Grün.

## Tetranatriumdikaliumtrimolybdat-Tessarakaidekahydrat = $(MoO_4)_3K_2Na_4 \cdot 14H_2O$.

Dihexagonal bipyramidal.

$a:c = 1:1,2839$ Marignac[24]).

Das Salz wurde von De la Fontaine[24]), welcher es durch Zusammenschmelzen der entsprechenden Mengen Molybdänsäure und Alkalicarbonat und Verdunsten der Auflösung des erhaltenen Productes darstellte, für $MoO_4K_2 . 5H_2O$ gehalten. Nach Ullik[25]) ist es jedoch ein Kalium-Natriumdoppelsalz von der angeführten Formel; Dieser erhielt das Salz, indem er zu einem Gemenge von $Mo_3O_{12}K_2H_4 . H_2O$ und Wasser $CO_3Na_2$ bis zur Sättigung hinzufügte und die klare Lösung verdunsten ließ. Marignac beobachtete die Formen: $m\{10\bar{1}0\}$, $c\{0001\}$, $o\{10\bar{1}1\}$. Farblose, durchsichtige Krystalle von ziemlicher Größe. Nach Ullik sechsseitige Prismen mit der Basis und Andeutung einer sechsseitigen Pyramide.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (10\bar{1}1):(0001) =$ | — | *56° 0′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 48° 58′ | 49 0 |

## Tetranatriumdikaliumtriwolframat-Tessarakaidekahydrat = $(WO_4)_3K_2Na_4 \cdot 14H_2O$.

Dihexagonal bipyramidal.

$a:c = 1:1,3319$ Traube[15]).

Dargestellt von Ullik[26]); nach Traube (l. c. 195) wasserhelle lange Prismen $m\{10\bar{1}0\}$, $a\{11\bar{2}0\}$ mit $c\{0001\}$ und $o\{10\bar{1}1\}$, welche ziemlich rasch an der Luft verwittern.

24) De la Fontaine (Mess. v. Marignac), Arch. sc. phys. nat. Genève 1865, (2) 23, 8. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1866, 127, 293.
25) Ullik, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, 55 (II), 767.
26) Ullik, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, 56 (II), 148.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (10\bar{1}1):(0001) =$ | — | *56° 58′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 49° 34′ | 49 19 |

Doppelbrechung negativ.
Ätzfiguren der a. vor. S. genannten Symmetrieklasse entsprechend.

## Natriumsulfat-Heptahydrat = $SO_4Na_2.7H_2O$.

Tetragonal. $a:c = 1:0,7346$ Marignac[27]).

Bildet sich nach Loewel[28]) in großen Krystallen aus einer Lösung von Natriumsulfat, die durch Kochen bis zur Abscheidung von wasserfreiem Salz eingeengt ist und dann sich selbst überlassen wird. Marignac beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $x\{331\}$; da die Krystalle an der Luft sofort matt werden und keine genauen Messungen gestatten, so ließ Marignac es unentschieden, ob sie rhombisch oder tetragonal seien. Wyrouboff[23]) (l. c. 75) stellte optisch die Zugehörigkeit zum tetragonalen Systeme fest. $c$ entspricht der Form $E$ von Marignac; $o$ seinem $M$ und $e$; $x$ seinem $N$ und $e^{\frac{1}{3}}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:o = (001):(111) =$ | 46° 6′ | 45°—47° |
| $c:x = (001):(331) =$ | 72 13 | 71 —72 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 61 15 | 61 —61 30′ |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen.
Doppelbrechung positiv.

## Natriumsulfat-Dekahydrat = $SO_4Na_2.10H_2O$
(nat. Mirabilit, Glaubersalz).

Spec. Gew. 1,485—1,492 Pettersson[7]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1158:1:1,2380;\quad \beta = 107°45'$ Haidinger[29]).

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $q\{011\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$, $s\{102\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{10\bar{2}\}$, $k\{021\}$. Die Krystalle, deren gewöhnliche Combination in Fig. 643 dargestellt ist, sind meist prismatisch nach der $b$-Axe. Zwilling nach $a\{100\}$. Messungen liegen vor von Brooke[30]), Haidinger und Rammelsberg[31]).

Fig. 643.




An natürlichen Krystallen wurden außer den obigen Formen noch $y\{221\}$ und $x\{112\}$ beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: Haidinger: | Brooke: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *86° 31′ | 86° 36′ | — |
| $q:q_{,} = (011):(01\bar{1}) =$ | 80° 36′ | — | 80 24 | — |
| $k:q = (012):(011) =$ | 17 20 | — | 17 22 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 69 18 | — | — | — |

27) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1857, (5) **12**, 43. Oeuvres **1**, 519.
28) Loewel, Ann. chim. phys. 1851, (3) **33**, 334.
29) Haidinger: Mohs, Mineralogie. Wien 1842, S. 222; Haidinger, Mineralogie. Wien 1850, 487.
30) Brooke, Annals of Philos. 1824, **23**, 21.
31) Rammelsberg, Handb. d. physikal.-chemischen Krystall. Leipzig 1881 **1**, 395.

| | Berechnet: | Beobachtet: Haidinger: | Brooke: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$ = | — | *86° 48′ | — | — |
| $n : n' = (120) : (\bar{1}20)$ = | 50° 24′ | — | — | — |
| $c : m = (001) : (110)$ = | 77 56 | — | — | 77° 30′ |
| $c : a = (001) : (100)$ = | — | *72 15 | 72 16 | 72 22 |
| $c : \omega' = (001) : (\bar{1}11)$ = | 67 18 | — | — | 67 40 |
| $c : s = (001) : (102)$ = | 32 26 | — | — | 32 40 |
| $a : \sigma = (100) : (10\bar{2})$ = | 75 19 | — | — | 76 20 |
| $a : \varrho = (100) : (10\bar{1})$ = | 49 50 | 49 50 | 49 15 | — |
| $a : q = (100) : (011)$ = | 78 38 | — | 78 40 | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp b\{010\}$; für Rot unter 76° 49′, für Blau unter 81° 14′ zur $c$-Axe geneigt im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie Axe $b$; $2E = 122° 48'$ rot, 122° 42′ blau (Des Cloizeaux[32]); $2V = 80° 26'$, $\beta = 1{,}44$ circa (Miller[33])).

## Natriumchromat-Dekahydrat = $CrO_4Na_2 . 10H_2O$.

Spec. Gew. 1,483 Abbot[34]).

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 1{,}1127 : 1 : 1{,}2133; \quad \beta = 107° 43' \text{ Brooke}^{35)}.$$

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$. Nach Wyrouboff[23]) (l. c. 79) sind die Krystalle stark nach der $b$-Axe verlängert. Die Form $\xi$ wurde nur von Letzterem beobachtet; dagegen gibt Brooke eine ähnliche Form an, der nach seiner Zeichnung das Zeichen $\{\bar{1}11\}$ zukommt, wozu aber der Winkel zu (001) nicht paßt, der annähernd für (001) : (221) stimmt.

| | Berechnet: | Beobachtet Brooke: |
|---|---|---|
| $a : m = (100) : (110)$ = | — | *46° 40′ |
| $c : q = (001) : (011)$ = | — | *49 52 |
| $a : c = (100) : (001)$ = | — | *72 17 |
| $c : m = (001) : (110)$ = | 77° 57′ | — |
| $a : q = (100) : (011)$ = | 78 42 | 78 14 |
| $c : ? = (001) : ?$ = | — | 79 40 |

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 2. Mittellinie fast normal zu $c\{001\}$; $2V = 83° 56'$ rot, 82° 20′ grün (Wyrouboff).

## Natriumselenat-Dekahydrat = $SeO_4Na_2 . 10H_2O$.

Spec. Gew. 1,584 Topsøe[14]).

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 1{,}1059 : 1 : 1{,}2384; \quad \beta = 107° 54' \text{ Topsøe}^{14)}.$$

Das zuerst von Mitscherlich dargestellte Salz zeigt nach Topsøe (l. c. 16) die Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$. Die Krystalle sind entweder tafelig nach $a$ oder langgestreckt nach der $c$-Axe.

32) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 175 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, 18, 685).
33) Miller, Transact. Cambridge Philos. Soc. 184?, 7, 215.
34) Abbot in Clarke, Specif. Grav. f. Solids etc. Washington 1888, 102.
35) Brooke, Annals of Philos. 1823, 22, 287.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m = (100):(110)$ | $= 46° 27'$ | — |
| $c:q = (001):(011)$ | $=$ — | *49° 41' |
| $a:c = (100):(001)$ | $= 72\ 6$ | 71 58 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | $= 86\ 34$ | 86 38 |
| $c:\omega = (001):(\bar{1}11)$ | $= 67\ 34$ | 67 28 |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1})$ | $=$ — | *61 47 |
| $a:q = (100):(011)$ | $=$ — | *78 32 |
| $m:\omega = (110):(11\bar{1})$ | $= 34\ 39$ | — |
| $m:\omega' = (110):(\bar{1}11)$ | $= 81\ 2$ | — |
| $m:q = (110):(011)$ | $= 46\ 24$ | — |
| $q:\omega = (011):(11\bar{1})$ | $= 73\ 59$ | 74 2 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.

## Halogenderivate der Sulfate, Chromate usw. einwertiger Metalle.

Salze von Säuren, in welchen, wie in der Chlorsulfonsäure, eine Hydroxylgruppe durch ein Halogenatom vertreten ist, wurden folgende krystallographisch untersucht: **Kaliumfluorochromat** $= CrO_2FOK$ bildet nach Streng[1]) große tetragonale Bipyramiden $o\{111\}$, welche an der Luft matt werden und nur mit dem Contactgoniometer gemessen werden konnten: $o:o = (111):(1\bar{1}1) = 74°$, $o:o_, = (111):(11\bar{1}) = 65°$. **Kalium- und Ammoniumchlorochromat** $= CrO_2ClOK$ und $CrO_2ClONH_4$ krystallisieren monoklin.

Die von der Schwefelsäure durch Substitution von Sauerstoff durch Fluor sich ableitende Fluorschwefelsäure bildet ein von Weinland und Alfa[2]) dargestelltes saures Salz **Trikaliumdifluorodisulfat-Monohydrat** $= S_2O_7F_2K_3H.H_2O$, welches monoklin krystallisiert; damit isomorph ist das entsprechende **Trikaliumdifluorodiselenat-Monohydrat** $= Se_2O_7F_2K_3H.H_2O$. Dieselben Chemiker beschrieben auch ein **Ammoniumhydroxyfluoroselenat** $= SeO_3(OH)F(NH_4)_2$, das nach Zirngiebl (l. c. 58) wahrscheinlich rhombisch ist und Täfelchen nach $\{100\}$ mit den Randflächen $\{010\}$ und $\{011\}$ bildet; $(011):(010) = 32\frac{1}{2}°$; Ebene der optischen Axen $\{010\}$, 2. Mittellinie $\perp\{100\}$. Endlich stellten sie ein Kaliumfluorotellurat von der Zusammensetzung $TeO_3F_2K_2.3H_2O$ dar, welches aber wahrscheinlich als ein saures Salz $TeO_6K_2H_4.2HF$ (analog dem S. 291 erwähnten) zu betrachten ist; dasselbe bildet mikroskopische, oktaëderähnliche, wahrscheinlich monokline Krystalle.

Von Zinno[3]) wurde ein Kaliumdijodosulfat $SO_3J_2K_2$, in sechsseitigen Prismen krystallisierend, ohne Angabe von Messungen als isomorph mit $SO_4K_2$ beschrieben und ebenso ein Natriumdijodosulfat $SO_3J_2Na_2.10H_2O$ als isomorph mit Glaubersalz; es scheint jedoch nicht nur die von ihm behauptete

1) Streng, Ann. d. Chem. u. Pharm. 1864, **129**, 227.
2) Weinland u. Alfa (Mess. v. Zirngiebl), Zeitschr. f. anorg. Chemie 1899, **21**, 50.
3) Zinno, N. Repertorium f. Pharm. 1871, **20**, 449.

krystallographische Beziehung, sondern auch die Existenz der genannten Verbindungen zweifelhaft zu sein.

### Kaliumchlorochromat = $CrO_2ClOK$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,9653:1:1,0174$; $\beta = 90^\circ 20'$ Wyrouboff[4]).

Das bereits von Berzelius dargestellte Salz bildet nach Wyrouboff dünne Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen $q\{011\}$, $a\{100\}$, $s\{20\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$; Zwillinge nach $c\{001\}$. Fock[5]) beschrieb als »chlorchromsaures Lithium« (von Löwenthal dargestellt) ebenfalls dünne Tafeln nach $c\{001\}$, verlängert nach der $a$-Axe, begrenzt von $q\{011\}$ und zuweilen von $s\{20\bar{1}\}$, deren Identität mit dem Kaliumsalze von Wyrouboff[6]) nachgewiesen wurde.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Fock: |
|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *89° 40′ | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | 89° 46′ | 89 40 | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *46 50 | 46° 22′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *55 40 | — |
| $s':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 14 | 64 8 | 64 50 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; eine Schwingungsrichtung bildet 41° mit der Axe $a$; wegen der Zwillingsbildung gestörte Axenbilder.

### Ammoniumchlorochromat = $CrO_2ClONH_4$.

Monoklin prismatisch, isomorph mit dem Kaliumsalze, mit denselben Formen, aber noch unvollkommener ausgebildet; Wyrouboff[4]) fand:

$q:c = (011):(001) = 45^\circ 30'$.

Optische Eigenschaften ebenfalls mit dem Kaliumsalze übereinstimmend.

### Trikaliumdifluorodisulfat-Monohydrat = $S_2O_7F_2K_3H.H_2O$.

Monoklin sphenoidisch.

$a:b:c = 1,0130:1:0,8218$; $\beta = 108^\circ 39'$ Zirngiebl[7]).

Die von Weinland und Alfa[2]) dargestellten Krystalle sind nach Zirngiebl Combinationen von $a\{100\}$ (vorherrschend) mit $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{130\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und einigen groß ausgebildeten, aber nicht meßbaren Sphenoiden.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *71° 21′ |
| $m:a = (110):(100) =$ | 46° 12′ | 45 53 |
| $n:a = (130):(100) =$ | — | *72 17 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *62 35 |
| $n:c = (130):(001) =$ | 77 8 | 76 51 |

Doppelbrechung schwach; Axenebene $\perp\{010\}$; durch $a\{100\}$ die Axenbilder ($2E = 70^\circ$ ca.) wenig gegen $c\{001\}$ hin geneigt sichtbar; Dispersion stark, $\varrho < v$.

4) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1880, 3, 143. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 630 (hier die obigen Elemente neu berechnet von Arzruni).

5) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1894, 23, 217.

6) Wyrouboff, Bull. soc. chim. Par. 1894, (3) 11, 845. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 26, 329.

7) Zirngiebl, Zeitschrift f. Krystall. 1902, 36, 148.

**Trikaliumdifluorodiselenat-Monohydrat** = $Se_2O_7F_2K_3H.H_2O$.

Monoklin sphenoïdisch, isomorph mit dem schwefelsauren Salze. Kleine rasch verwitternde Krystalle von dem gleichen Habitus und von denselben Chemikern dargestellt, wie das Sulfat. Zirngiebl fand folgende Werte:

$a:c = (100):(001) = 71^\circ$ circa
$m:a = (110):(100) = 45\frac{1}{2}$ »
$n:a = (130):(100) = 73$ »
$\varrho:a = (10\bar{1}):(100) = 59$ »

## Verbindungen von Sulfaten, Chromaten usw. einwertiger Metalle mit Halogeniden, Nitraten, Jodaten, Permanganaten, Carbonaten und Silicaten.

Eine Verbindung von Natriumsulfat mit Natriumchlorid scheint nicht zu existieren, dagegen sind zwei Fluorverbindungen bekannt: **Natriumsulfat-Natriumfluorid** = $SO_4Na_2.NaF$, welches trigonal krystallisieren soll, aber jedenfalls einer nochmaligen Untersuchung bedarf, und das kubische Mineral Sulfohalit d. i. **Natriumsulfat-Natriumchlorid-Natriumfluorid** = $2SO_4Na_2.NaCl.NaF$. Ferner liegt in dem Minerale Caracolit **Natriumsulfat-Bleihydroxychlorid** = $SO_4Na_2.Pb(OH)Cl$ vor; dasselbe krystallisiert pseudohexagonal rhombisch mit den Elementen $a:b:c = 0{,}5843:1:0{,}4217$; die Krystalle sind Drillinge vom Ansehen einer hexagonalen Combination $\{10\bar{1}1\}$, $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$. Von Kaliumchromat sind zwei hierhergehörige Verbindungen untersucht worden: **Kaliumchromat-Mercurichlorid** = $CrO_4K_2.2HgCl_2$, rhombisch, und **Kaliumchromat-Mercuricyanid** = $2CrO_4K_2.3Hg(CN)_2$. Endlich sind noch zwei Verbindungen von **Ammoniumsulfat** mit **Antimontrifluorid**, nämlich $SO_4(NH_4)_2.SbF_3$ und $3SO_4(NH_4)_2.4SbF_3$, beschrieben worden; ersteres krystallisiert rhombisch, letzteres trigonal.

Eine auch in der Natur vorkommende Verbindung eines schwefelsauren mit einem salpetersauren Salze ist das monokline **Natriumnitratosulfat-Monohydrat** (Darapskit) = $SO_4Na_2.NO_3Na.H_2O$. Saures schwefelsaures Kalium enthält das Doppelsalz **Monokaliumsulfat-Kaliumjodat** = $SO_4KH.JO_3K$, welches monoklin krystallisiert. Demselben Krystallsysteme gehört endlich auch eine Verbindung von **Kaliummanganat** und **Kaliumpermanganat** an, deren Zusammensetzung unbekannt ist.

**Natriumcarbonatosulfat** = $4SO_4Na_2.CO_3Na_2$ bildet hexagonale Krystalle, welche vollkommen mit denen des Minerales Hanksit übereinstimmen; für letzteres ergab sich die Formel $9SO_4Na_2.2CO_3Na_2.KCl$, deren Abweichung wahrscheinlich durch sehr fein verteilte oder in fester Lösung vorhandene Beimengungen bedingt ist. Eine andere Verbindung von Natriumsulfat mit einem kohlensauren Doppelsalze ist das kubisch krystallisierte Mineral Tychit, **Natriumsulfat-Natriummagnesiumcarbonat** =

$SO_4Na_2 . 2(CO_3)_2MgNa_2$, welches von Penfield und Jamieson[1]) auch durch Erwärmen der gemischten Lösung der Salze in Oktaëdern vom spec. Gew. 2,59 erhalten wurde.

Als Verbindung von 1 Mol. $SO_4Na_2$ mit 3 Mol. $SiO_4AlNa$ kann das Mineral Nosean betrachtet werden, dessen Constitution aber wahrscheinlich der Formel $(SiO_4)_3Al_2(Al.SO_4Na)Na_4$ entspricht, d. h. derjenigen des Sodalith (s. S. 267), indem das Chlor hier durch die saure Atomgruppe $SO_4Na$ ersetzt ist; im Hauyn werden außerdem zwei Natriumatome durch ein Calciumatom vertreten, und im Lasurit tritt hierzu noch $S_3Na$ statt $SO_4Na$ bzw. $Cl$; alle diese Mineralien stimmen in ihrer rhombendodekaëdrischen Krystallform und Spaltbarkeit überein und sind auch in gleicher Weise aus dem Schmelzflusse von Morozewicz[2]) dargestellt worden. Eine Verbindung von Nosean mit 2 Mol. $H_2O$ erhielten Ch. und G. Friedel[3]) durch Einwirkung von Natron und Natriumsulfat auf Muscovit in hexagonalen Prismen der Combination: $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$; beob. $(10\bar{1}1):(10\bar{1}0) = 64°14'$, $(10\bar{1}1):(01\bar{1}1) = 24°22'$, $(10\bar{1}1):(11\bar{2}0) = 68°35'$. Hexagonal krystallisiert auch das Mineral Davyn, welches außer $SO_4Na$ bzw. $Cl$ noch $CO_3Na$ enthält, wie der wahrscheinlich damit isomorphe Cancrinit (s. S. 266).

### Natriumsulfat-Natriumfluorid = $SO_4Na_2 . NaF$.

Trigonal (?).

Von Marignac[4]) erhalten bei der Darstellung von $NaF$ bei Anwendung einer schwefelsäurehaltigen Flußsäure; läßt sich unzersetzt umkrystallisieren. Beobachtete Formen: $c\{111\}$, $r\{100\}$, $s\{110\}$, $t\{11\bar{1}\}$, $u\{33\bar{1}\}$. Dünne Blättchen nach $c\{111\}$ (gekrümmt) mit stark horizontal gestreiften Randflächen; der Verlauf der Streifung deutet auf Zusammensetzung aus drei oder sechs Krystallen. Öfters scheinen die Krystalle verzwillingt nach $c\{111\}$. Trotzdem Marignac senkrecht zur Basis ein einaxiges Bild nicht beobachten konnte, hat er doch für die Berechnung das trigonale System angenommen, wie es auch in der folgenden Winkeltabelle beibehalten ist.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | — | *102° ca. |
| $s:s = (110):(101) =$ | 76°16′ | 76°—77° |
| $t:t = (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | 114 30 | 114°—115° |
| $c:r = (111):(100) =$ | 63 49 | 63°36′—64° |
| $c:s = (111):(110) =$ | 45 29 | 45°—47° |
| $c:t = (111):(11\bar{1}) =$ | 76 11 | 75 —77 |
| $c:u = (111):(33\bar{1}) =$ | 58 25 | 58 —59 |

1) Penfield u. Jamieson, Amer. Journ. Sc. 1905, (4) **20**, 218. Zeitschr. f. Krystall. 1905, **41**, 237.

2) Morozewicz, Tschermaks min. u. petr. Mitt. 1899, **18**, 128. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **33**, 506.

3) Ch. u. G. Friedel, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 238. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 260.

4) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1859, (5) **15**, 236. Oeuvres **1**, 605.

### Kaliumchromat-Mercurichlorid = $CrO_4K_2.2HgCl_2$.

Rhombisch.

Das von Darby dargestellte Salz krystallisiert nach Wyrouboff[5]) bei 35°—40° in Tafeln nach $c\{001\}$, an denen außerdem nur zwei Flächen gemessen werden konnten: $q:c = (011):(001) = 55°10'$ und $x:c = (221):(001) = 77°50'$.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2H = 68°55'$, $\varrho > v$.

### Kaliumchromat-Mercuricyanid = $2CrO_4K_2.3Hg(CN)_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 3,1716:1:3,3619$; $\beta = 106°20'$ Wyrouboff[5]).

Wyrouboff erhielt das zuerst von Rammelsberg dargestellte Salz in sehr dünnen Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen: $a\{100\}$, $r\{101\}$, $\sigma\{40\bar{5}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: | |
|---|---|---|---|
| $c:a = (001):(100) =$ | — | *73° 40' | |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *69 0 | |
| $o:r = (111):(101) =$ | — | *62 55 | |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 78° 16' | 78 7 | |
| $\omega':o = (\bar{1}11):(111) =$ | 34 46 | 34 0 | approx. |
| $r:c = (101):(001) =$ | 38 5 | 39 0 | » |
| $\sigma':c = (\bar{4}05):(001) =$ | 46 54 | 48 0 | » |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ unvollkommen.

Ebene der optischen Axen $\perp\{010\}$, 50° zur $c$-Axe geneigt im spitzen Winkel $\beta$; Axenwinkel groß.

### Ammoniumsulfat-Antimontrifluorid = $SO_4(NH_4)_2.SbF_3$.

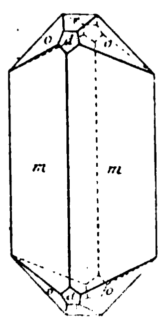
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6245:1:0,5008$ Fock[6]).

Die von Weise dargestellten großen Krystalle zeigen die Formen (Fig. 644): $m\{110\}$, $o\{121\}$, $r\{102\}$, $d\{302\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *63° 58' |
| $r:r = (102):(\bar{1}02) =$ | — | *43 32 |
| $r:d = (102):(302) =$ | 28° 24' | 28 28 |
| $r:m = (102):(110) =$ | 71 36 | — |
| $d:m = (302):(110) =$ | 49 15 | 49 15 |
| $o:o = (121):(1\bar{2}1) =$ | 76 0 | 76 0 |
| $o:o' = (121):(\bar{1}21) =$ | 59 5 | 59 9 |
| $o:o_, = (121):(12\bar{1}) =$ | 75 52 | — |
| $r:o = (102):(121) =$ | 41 3 | 41 4 |
| $d:o = (302):(121) =$ | 39 27 | 39 27 |
| $o:m = (121):(110) =$ | 41 48 | 41 53 |
| $o:m' = (121):(\bar{1}10) =$ | 85 16 | — |

Fig. 644.




Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$; 1. Mittellinie Axe $b$, Axenwinkel sehr groß.

5) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1880, 3, 148. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 632 (hier mehrere Druckfehler).

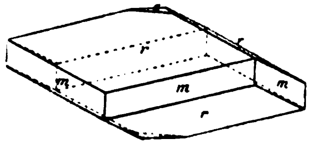
6) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1891, 19, 453.

### Ammoniumsulfat-Antimontrifluorid = $3SO_4(NH_4)_2 . 4SbF_3$.

Trigonal. $\alpha = 114°7'$ ($a:c = 1:0,4413$ Fock[6]).

Dargestellt von Weise. Die aus Wasser erhaltenen großen Krystalle bilden nach Fock (l. c. 454) die Combination Fig. 645: $r\{100\}$, $m\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, selten untergeordnet $n\{2\bar{1}\bar{1}\}$.

Fig. 645.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | — | *46° 18' |
| $r:c = (100):(111) =$ | 27° 0' | 27 3 |
| $r:n = (100):(11\bar{2}) =$ | 76 53 | 76 51 |

Spaltbarkeit nach $m\{10\bar{1}\}$ und $n\{2\bar{1}\bar{1}\}$ ziemlich deutlich.
Doppelbrechung negativ, schwach.

### Natriumnitratosulfat-Monohydrat = $SO_4Na_2 . NO_3Na . H_2O$

(nat. Darapskit).

Spec. Gew. 2,197 Schulten[7]), 2,203 Osann (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,5258:1:0,7514$; $\beta = 102°55'$ Osann (nat. Kryst.).

Marignac[8]) erhielt das Salz beim Verdunsten gemischter Lösungen von Natriumsulfat und -nitrat in dünnen Täfelchen nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$, welche er (wahrscheinlich waren es Zwillinge nach $a$) für rhombisch hielt und in denen er einen höheren, $1\frac{1}{2}$ Mol- entsprechenden Wassergehalt fand. Schulten wies die Identität des nach derselben Methode dargestellten Salzes mit dem von Marignac gemessenen und mit dem natürlichen Darapskit nach; er erhielt die Combination der Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $e\{302\}$, $d\{20\bar{1}\}$.

Die natürlichen Krystalle sind ebenfalls tafelförmig nach $a\{100\}$ und zeigen außer den genannten Formen noch untergeordnet: $n\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $s\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$ und $v\{121\}$; häufig Zwillinge nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Schulten: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | 77° 7' | 76° 50' | 76° 0' |
| $m:a = (110):(100) =$ | 56 5 | 56 0 | 55 35 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 53 42 | 54 0 | 53 30 |
| $e:a = (302):(100) =$ | 45 22 | 44 50 | — |
| $d:a = (20\bar{1}):(100) =$ | 52 0 | 52 50 | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen $\perp b\{010\}$ und nahe senkrecht zu $a\{100\}$; durch diese Fläche keine Axenbilder sichtbar, also wahrscheinlich Axe $b$ 1. Mittellinie.

### Monokaliumsulfat-Kaliumjodat = $SO_4KH . JO_3K$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,9288:1:1,0346$; $\beta = 93°14'$ Marignac[9]).

Marignac erhielt aus Lösungen, welche die Bestandteile in verschiedenen Verhältnissen enthielten, nur dieses eine Doppelsalz. Die früheren Messungen

---

7) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1896, 19, 161. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 29, 423.

8) Ch. de Marignac, Annales des mines 1857, (5) 12, 44. Oeuvres 1, 520.

9) Ch. de Marignac, Annales des mines 1856, (5) 9, 47. Oeuvres 1, 478.

eines anderen Doppelsalzes von Rammelsberg[10]) beziehen sich auf $SO_4KH$. Marignac beobachtete die Formen: *m*{110}, *n*{210}, *l*{310}, *a*{100}, *r*{101}, *ϱ*{10$\bar{1}$}, *c*{001}, *σ*{30$\bar{1}$}, *q*{011}, *k*{012}, *o*{111}, *x*{212}. Prismatisch nach der *c*-Axe; *x* fehlt sehr oft; *ϱ* ist unter den Endflächen vorherrschend.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *m* : *m'* = (110) : ($\bar{1}$10) = | — | *54° 53' |
| *a* : *n* = (100) : (210) = | 43° 55' | 44 0 |
| *a* : *l* = (100) : (310) = | 32 41 | 32 35 |
| *c* : *q* = (001) : (011) = | 45 55 | 45 57 |
| *c* : *k* = (001) : (012) = | 27 18 | 27 15 |
| *c* : *a* = (001) : (100) = | 86 46 | 86 0 ca. |
| *a* : *ϱ* = (100) : (10$\bar{1}$) = | 64 10 | 64 20 |
| *a* : *r* = (100) : (101) = | — | *59 18 |
| *a* : *σ* = (100) : (30$\bar{1}$) = | 32 45 | 32 40 |
| *c* : *m* = (001) : (110) = | 88 31 | 88 20 |
| *c* : *o* = (001) : (111) = | 48 28 | 48 20 |
| *c* : *x* = (001) : (212) = | 35 50 | — |
| *r* : *o* = (101) : (111) = | 41 39 | 41 41 |
| *r* : *x* = (101) : (212) = | 23 59 | 24 0 |
| *r* : *m* = (101) : (110) = | — | *76 23 |
| *r* : *q* = (101) : (011) = | 51 53 | 51 50 |
| *ϱ* : *m* = (10$\bar{1}$) : (110) = | 78 29 | 78 35 |
| *ϱ* : *n* = (10$\bar{1}$) : (210) = | 71 49 | 71 48 |
| *ϱ* : *q* = (10$\bar{1}$) : (01$\bar{1}$) = | 52 29 | 52 28 |
| *ϱ* : *k* = (10$\bar{1}$) : (01$\bar{2}$) = | 38 56 | 38 45 |
| *ϱ* : *o* = ($\bar{1}$01) : (111) = | 65 33 | 65 50 |
| *a* : *q* = (100) : (011) = | 87 45 | 88 0 |

## Kaliummanganat-Kaliumpermanganat.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}7176 : 1 : 1{,}3571$; $\beta = 114^\circ 39'$ Sénarmont[11]).

Dieses Doppelsalz, von welchem keine Analyse angegeben ist, bildet Krystalle der Combination: *c*{001}, *m*{110}, *s*{201}, *σ*{20$\bar{1}$}, *ϱ*{10$\bar{1}$}, *τ*{10$\bar{2}$}, *ω*{11$\bar{1}$}, *ξ*{11$\bar{2}$}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *m* : *m'* = (110) : ($\bar{1}$10) = | — | *65° 17' |
| *m* : *c* = (110) : (001) = | — | *77 0 |
| *ϱ'* : *c* = ($\bar{1}$01) : (001) = | — | *46 58 |
| *s* : *c* = (201) : (001) = | 40° 53' | 40 45 |
| *σ'* : *c* = ($\bar{2}$01) : (001) = | 76 38 | 76 15 |
| *τ'* : *c* = ($\bar{1}$02) : (001) = | 26 2 | 26 9 |
| *ω* : *ω* = (11$\bar{1}$) : (1$\bar{1}\bar{1}$) = | 102 56 | — |
| *ω'* : *c* = ($\bar{1}$11) : (001) = | 64 51 | 64 52 |
| *ξ* : *ξ* = (11$\bar{2}$) : (1$\bar{1}\bar{2}$) = | 69 54 | — |
| *ξ'* : *c* = ($\bar{1}$12) : (001) = | 41 33 | 40 15 |

10) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, 97, 92.

11) H. de Sénarmont in Rammelsberg, Die neuest. Forsch. in d. kryst. Chemie, Leipzig 1857, 101.

### Natriumcarbonatosulfat = $4SO_4Na_2 . CO_3Na_2$
(nat. Hanksit).

Spec. Gew. 2,613 Schulten[12]), 2,56 (nat. Kryst.).

Hexagonal. $a : c = 1 : 1,0056$ Bodewig (nat. Kryst.).

Nach Schulten[12]) entstehen aus der concentrierten Lösung beider Salze leicht Krystalle der Combination $m\{10\bar{1}0\}$, $c\{0001\}$, zuweilen mit $o\{10\bar{1}1\}$ oder $x\{40\bar{4}5\}$.

Die natürlichen Krystalle des Hanksit sind meist dick tafelförmig nach $c\{0001\}$, combiniert mit $m\{10\bar{1}0\}$, $o\{10\bar{1}1\}$ und $s\{20\bar{2}1\}$ oder $x\{40\bar{4}5\}$; dieselben enthalten stets Chlor und Kalium, welche von Penfield und Pratt als zur Constitution des Minerals gehörig angesehen werden; aus deren Analysen ergibt sich die Formel: $9SO_4Na_2 . 2CO_3Na_2 . KCl$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : c = (10\bar{1}1) : (0001) =$ | 49° 16′ | 49° |
| $x : c = (10\bar{1}1) : (0001) =$ | 42 56 | $42\frac{1}{2}$ |

Spaltbarkeit nach $c\{0001\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; $\omega = 1,4807$, $\varepsilon = 1,4614$ für *Na* Pratt (nat. Kryst.). Die von Schulten dargestellten Krystalle zeigten z. T. optische Anomalien (Sectorenteilung).

## Saure schwefelsaure Salze zweiwertiger Metalle.

Das saure Magnesiumsalz $(SO_4)_2MgH_2$ krystallisiert nach Haushofer[1]) in hexagonalen Täfelchen, welche jedoch ihrer Zerfließlichkeit wegen nicht gemessen werden konnten; das übersaure Salz $(SO_4)_4MgH_6$ bildet prismatische, wahrscheinlich monokline Krystalle, Prismenwinkel ca. 84°, mit einer unter 50° geneigten Endfläche.

Andere krystallographische Bestimmungen hierher gehöriger Verbindungen sind nicht vorhanden[2]).

## Wasserfreie normale Sulfate, Chromate usw. zweiwertiger Metalle und Atomgruppen.

**Hydrazinsulfat** = $SO_4H_2 . N_2H_4$ zeigt in seiner rhombischen Krystallform einige Verwandtschaft mit dem Ammoniumsulfate (S. 344), wenn man die Ebene der vollkommenen Spaltbarkeit ebenfalls als $\{001\}$ nimmt, indem es alsdann die Elemente $a : b : c = 0,6040 : 1 : 0,9012$, also ein sehr ähnliches Verhältnis $a : b$ erhält; allerdings ist der Charakter der betreffenden Prismenzone ein weniger ausgesprochen pseudohexagonaler, als bei dem

12) A. de Schulten, Compt. rend. 1896, **123**, 1325. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 415.

1) Haushofer, Mikroskop. Reactionen, Braunschweig 1885, 94. S. auch Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. München 1885, **15**, 403 f., woselbst sich Angaben über die mikroskopischen Krystalle mehrerer saurer Salze zweiwertiger Metalle, deren Zusammensetzung jedoch nicht bekannt ist, finden.

2) Das von Kobell, Journ. f. prakt. Chemie 1843, **28**, 492 beschriebene saure Zinksulfat erwies sich später (ebenda **31**, 320) als Ammoniumzinksulfat.

Ammoniumsalze, immerhin aber verdient diese Ähnlichkeit Beachtung im Hinblicke auf die chemische Analogie, welche zwischen den Verbindungen des Ammoniums und des Hydrazins besteht, und auf die Tatsache, daß das Hydrazinchlorhydrat (s. **1**, 207) kubisch krystallisiert, wie Ammoniumchlorid; es wäre daher wichtig, durch krystallographische Untersuchung anderer Hydrazinsalze diese Beziehung weiter zu verfolgen. Das Hydrazinsulfat bildet unter noch nicht näher erforschten Umständen eine labile zweite Modification von monokliner Krystallform.

Das wasserfreie schwefelsaure Salz des Berylliums existiert nicht, und auch dasjenige des Magnesiums ist nicht in Krystallen erhalten worden.

**Calciumsulfat** = $SO_4Ca$ existiert nach den Untersuchungen von van't Hoff[1]) in zwei Modificationen, dem stabilen rhombisch krystallisierenden Anhydrit und dem metastabilen löslichen Calciumsulfate, welches sich leicht mit Wasser zu Gyps verbindet, bei längerer Berührung mit siedendem Wasser aber in Anhydrit übergeht; die metastabile Modification entsteht durch Entwässerung des Gypses bereits unter 100° und krystallisiert nach den mikroskopischen Beobachtungen von Lacroix[2]) wahrscheinlich triklin mit schwächerer Brechbarkeit und Doppelbrechung als Gyps; sie zeigt eine dem Plagioklas ähnliche Zwillingslamellierung. **Calciumchromat** = $CrO_4Ca$ erhielt Bourgeois[3]) durch Schmelzen von Alkalichromat mit Calciumchlorid in dünnen Nadeln von rectangulärem Querschnitte, welche er für isomorph mit Anhydrit hält. **Calciumselenat** = $SeO_4Ca$ entsteht nach Michel[4]) beim Erhitzen von Alkaliselenat mit $CaCl_2$ und $NaCl$ in rectangulären Tafeln vom spec. Gew. 2,93 mit drei zu einander senkrechten Spaltungsebenen und mit Streifen (Spaltungsrissen?) nach einem senkrecht zu dem herrschenden Pinakoide stehenden Prisma von 79° 55′, sowie mit denen des Anhydrites ähnlichen optischen Eigenschaften. Hiernach ist es zwar noch nicht sicher, aber doch wahrscheinlich, daß das chromsaure und das selensaure Calcium mit der stabilen Form des Sulfates isomorph sind; dagegen krystallisieren Calciummolybdat und -wolframat ganz abweichend und zwar übereinstimmend mit den Molybdaten und Wolframaten von Strontium, Baryum und Blei, während die schwefelsauren Salze der letztgenannten Metalle, welche hier zunächst betrachtet werden sollen, keine eigentliche Isomorphie mit dem Anhydrit darbieten.

**Strontiumsulfat** = $SO_4Sr$ zeigt, nach verschiedenen Methoden krystallisiert, die gleichen rhombischen Formen, wie das damit identische Mineral Cölestin. Das in der Natur nicht vorkommende **Strontiumchromat** = $CrO_4Sr$ dagegen ist in zwei Modificationen bekannt: eine rhombische, unzweifelhaft mit dem Sulfate isomorphe erhielt Bourgeois[3]) durch Schmelzen

1) Van t'Hoff und Weigert, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1901, 1140. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **38**, 173.

2) Lacroix, Compt. rend. 1898, **126**, 360. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 638.

3) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1879, **2**, 123. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **4**, 402.

4) Michel, Bull. soc. fr. min. 1888, **11**, 185. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 448.

von Alkalichromat mit Strontiumchlorid in gelben Täfelchen nach $c\{001\}$ mit $m\{110\}$, $m:m = 78^\circ 20'$, spaltbar nach $m$ — eine monokline entsteht bei der Darstellung aus Lösungen; nach den Beobachtungen von Autenrieth[5]), welcher allerdings keine krystallographische Untersuchung vornahm, erscheint es möglich, daß sich beide Modificationen auch aus Lösungen bilden. **Strontiumselenat** $= SeO_4Sr$ wurde bisher nur durch Wechselzersetzung im Schmelzflusse krystallisiert dargestellt, wie die rhombische Modification des Chromates, und daher auch nur in rhombischer Form beobachtet. **Baryumsulfat** $= SO_4Ba$ krystallisiert sowohl aus Lösungen, wie aus Schmelzen in der rhombischen Form des Minerales Baryt, dessen Isomorphie mit dem Strontiumsalze auch aus den isomorphen Mischungen (Barytocölestin) hervorgeht. Ebenso krystallisieren das **Baryumchromat** $= CrO_4Ba$ und das **Baryumselenat** $= SeO_4Ba$, von welchen beiden Salzen bisher ebensowenig eine monokline Modification beobachtet worden ist, wie vom Sulfate. **Bleisulfat** (Anglesit) $= SO_4Pb$ ist rhombisch und isomorph mit dem Strontium- und Baryumsalze; die als »Sardinian« beschriebene monokline Form ist zweifelhaft. Dagegen krystallisiert das **Bleichromat** (Krokoit) $= CrO_4Pb$ monoklin, isomorph mit der monoklinen Form des Strontiumchromates. **Bleiselenat** $= SeO_4Pb$ erhielt Michel[4]) (l. c. 186) aus der Lösung in einer Schmelze von $NO_3K$ und $NO_3Na$ in Krystallen von der Form und den optischen Eigenschaften des Sulfates. Die schwefelsauren, chromsauren und selensauren Salze von $Sr$, $Ba$ und $Pb$ bilden somit eine isodimorphe Gruppe (um deren Kenntnis sich besonders A. de Schulten verdient gemacht hat); die Isomorphie der drei rhombischen Sulfate, der Mineralien Cölestin, Baryt und Anglesit, ist eine längst bekannte, und die topischen Parameter derselben wurden von Becke[6]) bereits in der ersten Notiz über topische Axenverhältnisse folgendermaßen angegeben:

| | Dichte | Äqu.-Vol. | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $SO_4Sr$ | 3,975 | 46,18 | 2,80 | 3,59 | 4,60 |
| $SO_4Ba$ | 4,486 | 51,96 | 2,97 | 3,65 | 4,79 |
| $SO_4Pb$ | 6,35 | 47,71 | 2,83 | 3,61 | 4,66 |

Man ersieht hieraus, daß ebenso wie bei den rhombischen Carbonaten (S. 202) eine regelmäßige Zunahme dieser Größen mit dem Atomgewichte nur stattfindet für die Strontium- und Baryumverbindung, während die Werte für das Bleisulfat fast wieder auf diejenigen des Strontiumsalzes zurückgehen.

Ob Sulfate noch anderer zweiwertiger Metalle mit den vorstehenden isomorph sind, ist zweifelhaft; mehrere derselben, wie $SO_4Fe$, krystallisieren nach Haushofer[7]) aus siedender Schwefelsäure in mikroskopischen Krystallen, deren optische Eigenschaften rhombischer Symmetrie entsprechen,

5) Autenrieth, Ber. d. d. chem. Ges. 1904, 37, 3882. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 43, 302.

6) Becke, Anzeiger d. Akad. d. Wiss. Wien 1893, 206.

7) Haushofer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. München 1885, 15, 403.

von welchen aber keine Messungen vorliegen. **Cuprisulfat** (Hydrocyanit) $= SO_4Cu$ wurde als vulkanisches Fumarolenproduct beobachtet in rhombischen Krystallen; diese zeigen zwar in einer Zone Ähnlichkeit der Winkel (Axenverh. $a:b$) mit denen der a. vor. S. betrachteten Sulfate, weichen aber in den übrigen Zonen und im Habitus völlig ab. Ähnlich verhält es sich mit dem **Zinksulfat** $= SO_4Zn$ und dem **Cadmiumsulfat** $= SO_4Cd$. Ersteres, als Mineral Zinkosit genannt, scheidet sich aus concentrierter Schwefelsäure nach Schulten[8]) in rectangulären Tafeln {001} mit {011} und {101} aus; $(011):(01\bar{1}) = 70°33'$, $(101):(10\bar{1}) = 64°32'$; Ebene der optischen Axen {010}. Das Cadmiumsalz zeigt ebenso dargestellt die Combination: {001}, {110}, {011}; $(110):(1\bar{1}0) = 89°58'$, $(011):(01\bar{1}) = 70°52'$, gewöhnlich Durchkreuzungszwillinge nach {110}; Ebene der optischen Axen {100}. Nach der Übereinstimmung der Prismen {011} zu schließen, sind beide Körper wohl isomorph, bieten aber zu den vorhergehenden keine näheren krystallographischen Beziehungen dar. Auch das monokline **Zinndimethylsulfat** $= SO_4Sn(CH_3)_2$ zeigt weder mit den rhombischen, noch mit den monoklinen Gliedern der a. vor. S. behandelten Gruppe eine Analogie der Krystallform.

Wie bereits S. 381 erwähnt wurde, weichen die molybdänsauren und wolframsauren Salze der zweiwertigen Metalle in ihren Krystallformen völlig ab von den entsprechenden Sulfaten, Chromaten und Selenaten. Schultze[9]) stellte durch Schmelzen des betreffenden Chlorides mit Natriummolybdat eine Reihe molybdäner Salze dar und fand, daß diejenigen von Calcium, Strontium, Baryum tetragonale Bipyramiden und $MoO_4Zn$ quadratische Prismen, dagegen die Molybdate von Mangan, Eisen, Kobalt und Nickel monokline Prismen bilden; Geuther und Forsberg[10]) erhielten in ähnlicher Weise, wie vorher schon Manroß[11]) $WO_4Ca$, die Wolframate von Magnesium, Baryum und Zink in ähnlichen Formen wie die tetragonalen Salze von Calcium und Blei, $WO_4Mn$ und $WO_4Fe$ in monoklinen Krystallen, den in der Natur vorkommenden gleichend; mit Ausnahme einer Messung von Manroß enthalten aber die betreffenden Publicationen keine krystallographischen Untersuchungen. Ein hierher gehöriges Berylliumsalz ist nicht bekannt, und auch vom Magnesium ist nur das Wolframat in Krystallen, nach Geuther und Forsberg[10]) große farblose tetragonale Bipyramiden und Prismen, dargestellt worden. Durch nähere Untersuchung ist die tetragonale Krystallform sicher festgestellt worden bei folgenden Salzen: **Calciummolybdat** $= MoO_4Ca$, welches in der Natur mit einer theilweisen Vertretung des $Mo$ durch $W$ als Powellit vorkommt, und **Calciumwolframat** $= WO_4Ca$, als Mineral Scheelit der wichtigste Repräsentant der tetragonal-bipyramidalen Symmetrieklasse; derselben Klasse gehören jedenfalls auch

8) A. de Schulten, Compt. rend. 1888, **107**, 405. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 328.
9) Schultze, Ann. d. Chemie u. Pharm. 1863, **126**, 49.
10) Geuther und Forsberg, Ann. d. Chemie u. Pharm. 1861, **120**, 268.
11) Manroß, Ann. d. Chemie u. Pharm. 1852, **81**, 243; **82**, 357.

an: **Strontiummolybdat** und **-wolframat** = $MoO_4Sr$ und $WO_4Sr$, sowie **Baryummolybdat** und **-wolframat** = $MoO_4Ba$ und $WO_4Ba$; dagegen zeigen **Bleimolybdat** (Wulfenit) = $MoO_4Pb$ und **Bleiwolframat** (Stolzit) = $WO_4Pb$ eine weniger symmetrische Ausbildung der Krystalle, derzufolge sie der tetragonal-pyramidalen Klasse zuzurechnen sind. Die Axenverhältnisse dieser isomorphen Körper sind folgende:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $MoO_4Ca$ | $a:c = 1:1,5457$ | $WO_4Ca$ | $a:c = 1:1,5268$ |
| $MoO_4Sr$ | $1:1,5738$ | $WO_4Sr$ | $1:1,5582$ |
| $MoO_4Ba$ | $1:1,6232$ | $WO_4Ba$ | $1:1,6046$ |
| $MoO_4Pb$ | $1:1,5777$ | $WO_4Pb$ | $1:1,5606$ |

In beiden Reihen findet daher ein regelmäßiges Fortschreiten mit steigendem Atomgewichte des Metalles statt bis zum Baryum, die Elemente der Bleisalze springen jedoch, gerade wie bei den Carbonaten (S. 202) und den Sulfaten (S. 382), fast genau wieder auf die Werte der Strontiumsalze zurück. Die Vergleichung der beiden Reihen zeigt ferner, daß die Ersetzung des Molybdäns durch Wolfram in allen Fällen das Verhältnis $c:a$ verringert und zwar um ungefähr gleichviel; die hierbei jedenfalls stattfindende Vergrößerung der $a$-Axe könnte nur durch Berechnung der topischen Parameter festgestellt werden; mangels genügender Dichtebestimmungen ist diese jedoch nur für die Wolframate möglich, für welche Zambonini[12]) fand:

| | | | $\Delta$ | | $\Delta$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $WO_4Ca$ | $V = 47,53$ | $\chi = \psi = 3,1458$ | | $\omega = 4,8030$ | |
| | | | 0,1199 | | 0,2856 |
| $WO_4Sr$ | 54,27 | 3,2657 | | 5,0886 | |
| | | | 0,0910 | | 0,2976 |
| $WO_4Ba$ | 60,69 | 3,3567 | | 5,3862 | |

Für das Bleisalz sind die entsprechenden Zahlen:

$WO_4Pb$ $V = 54,81$, $\chi = \psi = 3,2718$, $\omega = 5,1107$.

Die Abweichung des Bleiwolframates von den vorhergehenden Salzen zeigt sich ferner durch die Existenz einer zweiten monoklinen Modification, des seltenen Minerales Raspit; da nach Schultze[9]) Mischungen von $MoO_4Pb$ mit bis 42 % $CrO_4Pb$ in der tetragonalen Form des Wulfenites, solche von $CrO_4Pb$ mit bis 27 % $MoO_4Pb$ in der monoklinen Form des Krokoites krystallisieren, so könnte man vermuten, daß der Raspit mit letzterem isomorph sei; die beiden Mineralien stimmen jedoch krystallographisch nicht überein. Es wäre wichtig, durch künstliche Darstellung des Raspit die Bedingungen der Bildung der monoklinen Modification des Bleiwolframates und ihre Beziehungen zu den übrigen verwandten Salzen festzustellen.

**Manganowolframat** (Hübnerit) = $WO_4Mn$, und **Ferrowolframat** (Ferberit) = $WO_4Fe$ und die isomorphen Mischungen beider (Wolframit) krystallisieren ebenfalls monoklin, zeigen aber keine Ähnlichkeit mit den

12) Zambonini, Zeitschr. f. Krystall. 1905, 41, 62.

vorhergehenden Salzen. Nach Bourgeois[13]) stellte Michel nicht nur diese beiden Verbindungen, sondern auch $WO_4Mg$, $WO_4Ni$ und $WO_4Co$ in ähnlichen monoklinen Krystallen dar.

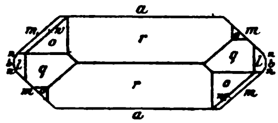
## Hydrazinsulfat = $SO_4H_2 . N_2H_4$.

### Rhombische Modification.

$a:b:c = 0,9012:1:0,6040$ Fock[14]).

Das Salz wurde zuerst von Curtius dargestellt und von Liweh[15]) gemessen; die nach $a\{100\}$ tafelförmigen Krystalle zeigten außerdem die Formen (in der oben adoptierten Stellung): $m\{110\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $o\{111\}$, $l\{021\}$. Fock untersuchte ein von Liebermann erhaltenes Präparat und beobachtete die Formen (Fig. 646): $a\{100\}$ vorherrschend), $m\{110\}$, $n\{120\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$, $l\{021\}$, $o\{111\}$ und $w\{221\}$; die Entwickelung der beiden letzten Formen deutet auf bisphenoïdische Symmetrie, doch fehlen entscheidende Angaben über Ätzfiguren.

Fig. 646.




| | | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Liweh: |
|---|---|---|---|---|
| $r:r$ | = (101):($\bar{1}$01) = | — | *67° 40′ | 67° 18′ |
| $l:l$ | = (021):(02$\bar{1}$) = | — | *79 14 | 79 16 |
| $b:q$ | = (010):(011) = | 58° 52′ | 58 53 | — |
| $a:m$ | = (100):(110) = | 42 1½ | 42 0 | 41 59 |
| $a:n$ | = (100):(120) = | 60 58½ | 60 59 | — |
| $o:b$ | = (111):(010) = | 63 21 | 63 26 | 63 32 |
| $o:a$ | = (111):(100) = | 60 9½ | 60 9 | — |
| $o:m$ | = (111):(110) = | 47 56 | 47 55 | — |
| $w:a$ | = (221):(100) = | 49 28½ | 49 21 | — |
| $w:b$ | = (221):(010) = | 54 13 | 54 6 | — |
| $w:m$ | = (221):(110) = | 28 59 | 28 53 | — |
| $l:m$ | = (021):(110) = | 58 57 | 59 4 | — |
| $l:n$ | = (021):(120) = | 47 39 | 47 31 | — |
| $q:m$ | = (011):(110) = | 69 45 | 69 38 | — |
| $q:n$ | = (011):(120) = | 63 7 | — | — |
| $r:m$ | = (101):(110) = | 65 34 | 65 40 | — |
| $r:n$ | = (101):(120) = | 74 20 | 74 20 | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen (Liweh).

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; Axenwinkel in Öl 79° (Liweh).

### Monokline Modification.

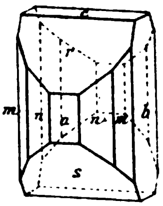
$a:b:c = 1,3981:1:1,5170$; $\beta = 98° 9'$ Pavlow[16]).

Pavlow beobachtete, daß aus wässeriger Lösung bei gewöhnlicher Temperatur sich außer den tafeligen rhombischen Krystallen, und zwar meistens im

13) Bourgeois, Reprod. artific. d. minéraux 175 (Encycl. chim. 2, 1. App., Paris 1884).
14) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1894, 23, 218.
15) Liweh, Zeitschr. f. Krystall. 1890, 17, 386.
16) Pavlow, Proc. verb. Soc. d. Natur. Moscou 1900, 20. Zeitschr. f. Krystall. 1900, 33, 162.

Anfange der Krystallisation, noch dicke monokline Krystalle ausscheiden, welche an der Luft bald undurchsichtig werden; diese zeigen die Formen (Fig. 647): $r\{101\}$, $s\{10\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, von denen $n$ und $c$, letzteres stets klein, zuweilen fehlen.

Fig. 647.



| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:a$ | $= (110):(100) =$ | — | *54° 9′ |
| $n:a$ | $= (210):(100) =$ | 34° 43′ | 34 41 |
| $r:a$ | $= (101):(100) =$ | — | *38 54 |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *81 51 |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | 85 14 | — |
| $n:c$ | $= (210):(001) =$ | 83 19 | — |
| $r:m$ | $= (101):(110) =$ | 62 52 | 62 51 |
| $r:n$ | $= (101):(210) =$ | 50 14 | 50 12 |
| $s:a$ | $= (10\bar{1}):(100) =$ | 46 23 | 46 24 |
| $s:m$ | $= (10\bar{1}):(110) =$ | 66 10 | 66 9 |
| $s:n$ | $= (10\bar{1}):(210) =$ | 55 27 | 55 26 |

## Calciumsulfat = $SO_4Ca$

(nat. Anhydrit).

Spec. Gew. 2,96 (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,8932:1:1,0008$ Hessenberg (nat. Kryst.).

Haushofer[17]) erhielt durch Auflösen von Gyps in Schwefelsäure und langsames Abrauchen der Lösung meßbare Anhydritkrystalle, welche, auf die von Hessenberg gewählte Aufstellung bezogen, die Elemente $a:b:c = 0,8954:1:1,0012$ ergaben; vorherrschend zeigten dieselben $m\{110\}$, combiniert mit $o\{111\}$ und $a\{100\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:m$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *83° 41′ |
| $o:m$ | $= (111):(110) =$ | — | *33 40 |
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 67° 26′ | 67 31 |
| $o:o'$ | $= (111):(\bar{1}11) =$ | 76 38 | — |

In ähnlicher Weise dargestellte, von Weinland und Kühn erhaltene Krystalle sind nach Sommerfeldt[18]) Combinationen zweier prismatischer Formen, deren Winkel = 67° 10′ bzw. 67° 28′ betragen und welche daher bei gleich großer Ausbildung eine pseudotetragonale Bipyramide bilden; diese Combination zeigt fast genau die gleichen Winkel, wie die Form $o\{111\}$ Haushofers! Da sich diese Prismen nicht in einfacher Weise auf die Elemente des Anhydrites zurückführen lassen, bezeichnet Sommerfeldt die Krystalle als einer besonderen Modification »Metanhydrit« angehörig; spec. Gewicht, Spaltbarkeit und optische Eigenschaften stimmen jedoch mit denen des Anhydrites überein, nur zeigen die Krystalle Störungen der Axenbilder, welche wahrscheinlich durch bei ihrer Bildung entstandene Spannungen bewirkt werden. Doß[19]) beobachtete an Calciumsulfatkrusten, welche sich in hoher Temperatur in Sulfatöfen gebildet hatten, dünne Täfelchen nach $c\{001\}$, begrenzt von $a\{100\}$ und $b\{010\}$.

Die natürlichen Anhydritkrystalle zeigen gewöhnlich nur die drei Pinakoide $\{001\}$, $\{100\}$, $\{010\}$, selten untergeordnet $o\{111\}$ u. a. Bipyramiden; im

17) Haushofer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. München 1889, 19, 12. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 20, 804.

18) Sommerfeldt, N. Jahrb. f. Min. usw. 1907, 1, 139.

19) Doß, Zeitschr. f. Krystall. 1892, 20, 583.

Carnallit auftretende Krystalle zeigen vorherrschend {101}, am Ende ein gestreiftes {0*kl*}.

Spaltbarkeit nach *c*{001} vollkommen, *b*{010} vollkommen (sehr wenig von der nach *c* verschieden), *a*{100} ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene *b*{010}, 1. Mittellinie Axe *a*; $2E = 70^\circ 18'$ rot, $72^\circ 42'$ violett, Grailich. Brechungsindices nach Mühlheims (nat. Kryst.):

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Linie | *B*: | $\alpha = 1{,}5663$ | $\beta = 1{,}5720$ | $\gamma = 1{,}6096$ | $2V = 43^\circ 20'$ ber. |
| » | *C*: | 1,5672 | 1,5730 | 1,6106 | 43 27½ |
| » | *D*: | 1,5693 | 1,5752 | 1,6130 | 43 44½ |
| » | *E*: | 1,5722 | 1,5782 | 1,6162 | 44 8 |
| » | *F*: | 1,5747 | 1,5808 | 1,6187 | 44 24 |

## Strontiumsulfat = $SO_4Sr$

(nat. Cölestin).

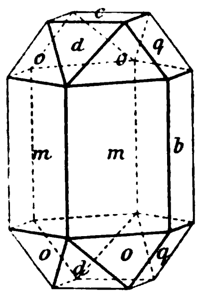
Spec. Gew. 3,999 Schulten[20]), 3,97 (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7790:1:1{,}2800$ Auerbach (nat. Kryst.).

Schulten erhielt durch langsames Zufügen von Schwefelsäure zu einer mit Salzsäure versetzten und erhitzten Lösung von Strontiumchlorid Krystalle der Combination (Fig. 648): *m*{110}, *o*{111}, *d*{102}, *b*{010}, *q*{011}, *c*{001}. Bourgeois[21]) stellte Krystalle dar durch Erhitzen von gefälltem $SO_4Sr$ in verdünnter Salzsäure auf 150°; dünnprismatisch nach {102} mit {100}, {011} und {110}. Aus der Lösung in einem geschmolzenen Chloride eines Alkali- oder alkalischen Erdmetalles krystallisiert $SO_4Sr$ nach Gorgeu[22]) in Prismen *d*{102} mit *q*{011}. Messungen sind nur von Schulten angegeben worden.

Fig. 648.




Die natürlichen Krystalle zeigen meist *q*{011} vorherrschend, sind aber auch häufig nach *c*{001} tafelig; außer den erwähnten Formen sind nicht selten ausgebildet {122} und {144}.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $d:d$ | $= (102):(\bar{1}02) =$ | 78°49′ | 78°57′ |
| $q:q$ | $= (011):(0\bar{1}1) =$ | 104 0 | 104 3 |
| $m:m$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | 75 50 | 75 49 |
| $o:o'$ | $= (111):(\bar{1}11) =$ | 90 40 | 90 35 |
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 67 17 | 67 23 |
| $o:d$ | $= (111):(102) =$ | 38 12 | 38 8 |
| $o:m$ | $= (111):(110) =$ | 25 38 | 25 36 |

Spaltbarkeit *c*{001} vollkommen, *m*{110} ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene *b*{010}, Axe *a* 1. Mittellinie; an natürlichen Krystallen fand Arzruni: $2E = 87^\circ 2'$ *Li*, $88^\circ 38'$ *Na*, $89^\circ 55\frac{1}{2}'$ *Tl* und die Brechungsindices:

---

20) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 105. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 100.

21) Bourgeois, Compt. rend. 1887, **105**, 1072. Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 323. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 649.

22) Gorgeu, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 284. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 647.

bei gewöhnl. Temperatur:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Linie $C$: | $\alpha = 1{,}6195$ | $\beta = 1{,}6212$ | $\gamma = 1{,}6284$ | |
| » $D$: | 1,6220 | 1,6237 | 1,6237 | $2V = 51^\circ 45'$ |
| » $F$: | 1,6279 | 1,6296 | 1,6370 | |

bei 200°:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Linie $C$: | $\alpha = 1{,}6172$ | $\beta = 1{,}6193$ | $\gamma = 1{,}6255$ | |
| » $D$: | 1,6196 | 1,6217 | 1,6279 | $2V = 60^\circ 15'$ |
| » $F$: | 1,6254 | 1,6277 | 1,6340 | |

## Strontiumchromat = $CrO_4Sr$.

Spec. Gew. 3,895 Schulten[23]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9666:1:0{,}9173;\quad \beta = 102^\circ 43'$ Schulten[23]).

Schulten erhielt durch längeres Erhitzen einer Lösung von Strontiumnitrat und Kaliumdichromat, welcher geringe Mengen Ammoniak zugesetzt wurden, kleine gelbe Prismen $m\{110\}$, zuweilen durch $b\{010\}$ schmal abgestumpft, mit den Endflächen $s\{10\bar{1}\}$ (vorherrschend), $q\{011\}$ und $x\{34\bar{3}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *86° 38′ |
| $m:s = (110):(10\bar{1}) =$ | — | *64 11 |
| $s':q = (\bar{1}01):(011) =$ | — | *61 3 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 83° 40′ | 83 37 |
| $x:s = (34\bar{3}):(10\bar{1}) =$ | 45 35 | 45 30 |
| $x':m = (\bar{3}43):(110) =$ | 79 20 | 79 8 |

Eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe 6° im spitzen Winkel $\beta$.

## Strontiumselenat = $SeO_4Sr$.

Spec. Gew. 4,23 Michel[4]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7806:1:1{,}2892$ Michel[4]).

Dargestellt von Michel (l. c. 184) durch Schmelzen von selensaurem Alkali mit $SrCl_2$ und einer kleinen Menge $NaCl$; tafelförmige Combinationen von $c\{001\}$ mit $m\{110\}$ und $d\{102\}$.

$d:d = (102):(\bar{1}02) =$ *79° 6′ beob.
$m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ 75 57 »

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$, $2E = 88^\circ$ ca., Dispersion $\varrho < v$.
Die z. T. blau gefärbten Krystalle zeigen $\mathfrak{a}$ blau, $\mathfrak{b}$ farblos, $\mathfrak{c}$ blau.

## Baryumsulfat = $SO_4Ba$
(nat. Baryt, Schwerspat).

Spec. Gew. 4,499 Schulten[20]), 4,48—4,49 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

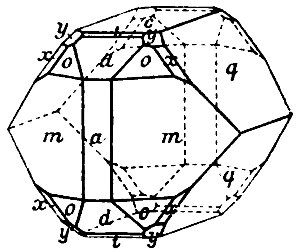
$a:b:c = 0{,}8152:1:1{,}3136$ Helmhacker (nat. Kryst.).

---

23) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904. 27, 134. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 42, 192.

Gefälltes Baryumsulfat in verdünnter Salzsäure auf 150° im geschlossenen Rohre erhitzt, liefert Krystalle, welche nach Bourgeois[21]) die Formen $d\{102\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$ zeigen; aus der Lösung in heißer Schwefelsäure entstehen beim Abrauchen der letzteren nach Bourgeois und Étard[24]) nach der $b$-Axe verlängerte Kryställchen der Combination: $d\{102\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$ (Messungen werden nicht angegeben). Schulten[20]) (l. c. 103) erhielt aus einer erhitzten salzsauren Lösung von Baryumchlorid bei allmählichem Zusatze von Schwefelsäure kleine, aber sehr glänzende Krystalle der Combination (Fig. 649): $q\{011\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $d\{102\}$, $t\{104\}$, $o\{111\}$, $x\{122\}$, $y\{124\}$. Gorgeu[22]) stellte nach $d\{102\}$ prismatische Krystalle mit $q\{011\}$ (ohne Angabe von Messungen) dar aus der Lösung in geschmolzenen Chloriden von Alkalien oder alkalischen Erden. Die übrigen Mitteilungen über die Darstellung von krystallisiertem Baryumsulfat enthalten keine näheren krystallographischen Angaben.

Fig. 649.




Die natürlichen Krystalle zeigen als häufigste Formen: $c\{001\}$, $d\{102\}$, $q\{011\}$, $m\{110\}$ und sind meist nach $c\{001\}$ tafelig und nach der $b$-Axe verlängert. Besonders flächenreiche Krystalle kommen in den Absätzen von Thermalwässern vor.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(01\bar{1})$ | $= 74°34'$ | 74°33' |
| $q:d = (011):(102)$ | $= 38\ 51\frac{1}{2}$ | 38 55 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 78\ 22\frac{1}{2}$ | 78 14 |
| $o:c = (111):(001)$ | $= 64\ 19$ | 64 22 |
| $o:d = (111):(102)$ | $= 39\ 8$ | 38 57 |
| $o:m = (111):(110)$ | $= 25\ 41$ | 25 49 |
| $x:c = (122):(001)$ | $= 57\ 1$ | 56 59 |
| $y:c = (124):(001)$ | $= 37\ 37$ | 37 58 |
| $y:d = (124):(102)$ | $= 35\ 13$ | 34 52 |
| $t:c = (104):(001)$ | $= 21\ 56\frac{1}{2}$ | 21 48 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $m\{110\}$ ziemlich vollkommen, nach $b\{010\}$ deutlich. An den natürlichen Krystallen wurden eingehender studiert die Ätzfiguren durch Beckenkamp, die Elasticitätsverhältnisse durch Niedmann und Voigt.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; $2V = 37°28'$ ($D$); $2E = 62°34'$ ($C$), $63°12'$ ($D$), $64°10'$ ($E$); Zunahme des Axenwinkels bis 100° circa 6°; dementsprechend ändern sich auch die Brechungsindices mit der Temperatur sehr ungleich; die ausführlichsten Bestimmungen an natürlichen Krystallen (Offret) ergaben eine Abnahme für 100° von $\alpha$ um 0,00199, von $\beta$ um 0,00177, von $\gamma$ um 0,00257 und bei 0° die Werte:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| Linie $R_{Li}$: | $\alpha = 1{,}6338$ | $\beta = 1{,}6349$ | $\gamma = 1{,}6458$ |
| » $R_{Cd}$: | 1,6347 | 1,6358 | 1,6468 |
| » $D$: | 1,6369 | 1,6381 | 1,6491 |
| » $V_{1Cd}$: | 1,6397 | 1,6408 | 1,6520 |
| » $V_{2Cd}$: | 1,6416 | 1,6428 | 1,6540 |
| » $Bl_{Cd}$: | 1,6439 | 1,6451 | 1,6564 |

24) Bourgeois u. Étard, Bull. soc. fr. min. 1888, **11**, 57. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 335.

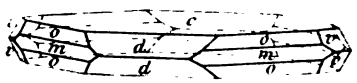
### Baryumchromat = $CrO_4Ba$.

Spec. Gew. 4,498 Schulten[23]).

$a:b:c = 0{,}8231:1:1{,}3232$ Schulten[23]).

Dargestellt von Schulten (l. c. 130) nach der gleichen Methode, wie das Strontiumsalz (s. S. 388); die Krystalle zeigen die Formen (nach Privatmitt.; a. a. O. war ihnen eine andere Stellung gegeben worden): $c\{001\}$, $d\{102\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $v\{5.10.8\}$ (s. Fig. 650), selten auch $z\{334\}$. Bourgeois[3]) erhielt durch Schmelzen von $BaCl_2$ und $CrO_4K_2$ gelbe oder (durch $Cr_2O_3$ gefärbte) grüne Prismen $m\{110\}$ mit den Endflächen $d\{102\}$ und unvollkommen ausgebildet $u\{012\}$. Durch Schmelzen von $(NO_3)_2Ba$, $CO_3Ba$, $KCl$ und $Cr_2O_3$ stellte Goldbach[25]) Krystalle dar, welche nach Hintze[25]) die Combination $a\{100\}$, $q\{011\}$, $d\{102\}$ zeigten.

Fig. 650.



| | | Berechnet: | Beobachtet: Schulten: | Bourgeois: | Hintze: |
|---|---|---|---|---|---|
| $d:d$ = | $(102):(\bar{1}02)$ = | — | *77° 35′ | 76° 30′ | 77° 30′ |
| $m:m$ = | $(110):(1\bar{1}0)$ = | — | *78 55 | 77 49 | — |
| $m:d$ = | $(110):(102)$ = | 61° 4′ | 61 10 | — | — |
| $o:o_,$ = | $(111):(11\bar{1})$ = | 51 18 | 51 16 | — | — |
| $z:m$ = | $(334):(110)$ = | 32 38 | 32 53 | — | — |
| $y:d$ = | $(5.10.8):(102)$ = | 49 42 | 49 49 | — | — |
| $y:o$ = | $(5.10.8):(111)$ = | 17 19 | 17 8 | — | — |
| $q:q$ = | $(011):(01\bar{1})$ = | 74 10 | — | — | 74 1 |
| $u:u$ = | $(012):(0\bar{1}2)$ = | 66 58 | — | 66 ca. | — |

### Baryumselenat = $SeO_4Ba$.

Spec. Gew. 4,75 Michel[4]).

$a:b:c = 0{,}8088:1:1{,}3060$ Michel[4]).

Dargestellt nach derselben Methode, wie das Strontiumsalz; farblose oder blaue Krystalle der Combination $d\{102\}$, $q\{011\}$ mit oder ohne $c\{001\}$.

$d:c = (102):(001) = {}^*38°55'$ beob.
$q:q = (011):(01\bar{1}) = {}^*74\ 53$ »

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$, $2E = 58°48'$, Dispersion $\varrho < v$. Die blauen Krystalle zeigen: $\mathfrak{a}$ blau, $\mathfrak{b}$ farblos, $\mathfrak{c}$ blau.

### Bleisulfat = $SO_4Pb$
(nat. Anglesit, Bleivitriolerz).

Spec. Gew. 6,393 Schulten[20]), 6,39 (nat. Kryst.).

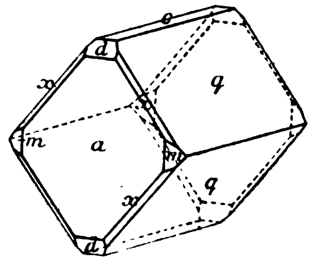
$a:b:c = 0{,}7852:1:1{,}2894$ Lang (nat. Kryst.).

Schulten (l. c. 106) erhielt nach der bei Darstellung des Strontiumsalzes angewandten Methode (s. S. 387) Krystalle der Combination (Fig. 651): $q\{011\}$, $a\{100\}$, $d\{102\}$, $x\{122\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$; dieselben sind nach der $a$-Axe verlängert, zuweilen auch tafelförmig nach $a\{100\}$. Gefälltes Bleisulfat, in ver-

25) Ältere unveröffentl. Beobachtungen im mineralog. Institute der Univ. Straßburg i. E.

dünnter Salzsäure auf 150° im geschlossenen Rohre erhitzt, liefert nach Bourgeois[21]) neben Bleichlorid Anglesitkrystalle, Prismen nach $d\{102\}$ mit $q\{011\}$. Dieselbe Combination mit $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$ erhielten Bourgeois und Étard[24]) aus der Lösung von $SO_4Pb$ in Schwefelsäure bei langsamen Abrauchen der letzteren. Auch aus Schmelzflüssen wurde Anglesit dargestellt und als zufällige Bildung auf Rösthaufen beobachtet. Eine nähere Untersuchung künstlich dargestellter Krystalle liegt jedoch nur von Schulten vor.

Fig. 651.



Die natürlichen Krystalle zeigen außer $c\{001\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $d\{102\}$, $o\{111\}$, $x\{122\}$ noch zahlreiche andere Formen und eine sehr mannigfaltige Ausbildung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(01\bar{1})$ | $= 75°\,35\frac{1}{2}'$ | $75°\,39'$ |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 76\;\;16\frac{1}{2}$ | $76\;\;12$ |
| $x:x = (122):(1\bar{2}2)$ | $= 89\;\;48$ | $89\;\;39$ |
| $x:q = (122):(011)$ | $= 26\;\;42\frac{1}{2}$ | $26\;\;40$ |
| $d:q = (102):(011)$ | $= 61\;\;44$ | $61\;\;41$ |
| $d:m = (102):(110)$ | $= 60\;\;3\frac{1}{2}$ | $60\;\;14$ |
| $m:q = (110):(011)$ | $= 60\;\;47\frac{1}{2}$ | $60\;\;42$ |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen, nach $m\{110\}$ deutlich. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, Axe $a$ 1. Mittellinie. Brechungsindices der natürlichen Krystalle nach Arzruni:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | |
|---|---|---|---|---|
| $C$-Linie: | $\alpha = 1{,}8698$ | $\beta = 1{,}8750$ | $\gamma = 1{,}8863$ | |
| $D$- » | 1,8771 | 1,8823 | 1,8937 | $2V = 75°\,24'$ |
| $F$- » | 1,8955 | 1,9010 | 1,9126 | |

In höherer Temperatur nehmen besonders $\beta$ und $\gamma$ stark ab; $2V$ ist bei $200° = 89°\,17'$.

## Bleichromat = $CrO_4Pb$

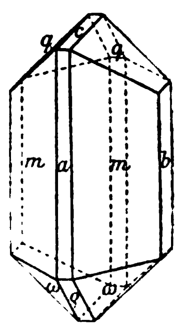
(nat. **Krokoit, Rotbleierz**).

Spec. Gew. 6,123 Schulten[23]), 6,29 Bourgeois[26]).

$$a:b:c = 0{,}9603:1:0{,}9159;$$

$$\beta = 102°\,27' \text{ Kokscharow (nat. Kryst.).}$$

Fig. 652.



Eine Lösung von Bleinitrat in Salpetersäure auf dem Wasserbade allmählich mit einer verdünnten Lösung von Kaliumdichromat versetzt, liefert nach Schulten (l. c. 130) glänzende rotgelbe Prismen $m\{110\}$ mit $a\{100\}$, $b\{010\}$ und den Endflächen: $q\{011\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $k\{021\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$, selten: $t\{012\}$ und $o\{111\}$; die gewöhnliche Combination ist in Fig. 652 abgebildet. Bourgeois[26]) erhielt Krystalle durch Auflösen von gefälltem Bleichromate in verdünnter Salpetersäure bei 150° im geschlossenen Rohre bei langsamer Abkühlung, Comb.: $m\{110\}$, $q\{011\}$, zuweilen mit schmalem $b\{010\}$, nach $m$ prismatisch oder (bei stark saurer Lösung) $m$ und $q$ im Gleichgewichte. Von den auf andere

26) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 187. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 630.

Weise dargestellten Krystallen liegt keine Bestimmung der Formen und Winkel vor.

Die natürlichen Krystalle sind nach $m\{110\}$ prismatisch und zeigen als Endflächen vorwaltend $o\{111\}$ und $l\{40\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Schulten: | Bourgeois: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = 86° 19′ | 86° 20′ | 86° 17′ |
| $a:c = (100):(001)$ | = 77 33 | 77 33 | — |
| $m:c = (110):(001)$ | = 80 57 | 80 50 | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | = 83 34 | — | 83 36 |
| $k:b = (021):(010)$ | = 29 12½ | 29 11 | — |
| $t:t = (012):(0\bar{1}2)$ | = 48 11 | 48 14 | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ | = 49 32 | 49 38 | — |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110)$ | = 40 39 | 40 43 | — |
| $\xi:\omega = (11\bar{2}):(11\bar{1})$ | = 22 40 | 22 36 | — |
| $o:c = (111):(001)$ | = 46 58 | 46 40 | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ ziemlich deutlich.

Doppelbrechung positiv, außerordentlich stark; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet 5½° mit der Axe $c$ im stumpfen Winkel $\beta$; $2V = 54°$, $\beta = 2{,}42$ $Na$, Dispersion schwach, $\varrho > v$, Des Cloizeaux (nat. Kryst.). Farbe orangerot mit schwachem Pleochroïsmus.

## Cuprisulfat (Hydrocyanit) = $SO_4Cu$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7968:1:0{,}5650$ Scacchi (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet tafelförmige Krystalle der Combination $\{010\}$, $\{110\}$, $\{120\}$, $\{011\}$, $\{021\}$, $\{111\}$, $\{211\}$.

## Zinndimethylsulfat = $SO_4Sn(CH_3)_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}3210:1:1{,}6518$; $\beta = 96°6'$ Hiortdahl[27]).

Das von Hiortdahl dargestellte Salz bildet schöne Krystalle der Combinationen Fig. 653 und 654: $c\{001\}$, $p\{110\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $o\{12\bar{1}\}$, $a\{100\}$, häufig auch $\omega\{123\}$.

Fig. 653.

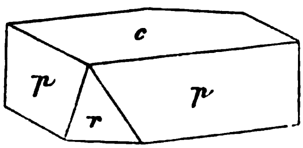
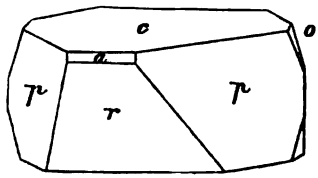



Fig. 654.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p' = (110):(\bar{1}10)$ | = — | *74° 34′ |
| $r':c = (\bar{1}01):(001)$ | = — | *55 6½ |
| $p:c = (110):(001)$ | = — | *86 18½ |

27) Hiortdahl, Forh. Vid. Selsk. Christiania 1879, Nr. 6. Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 289.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:c$ | $= (100):(001)$ | $= 83^\circ 54'$ | $83^\circ 59'$ |
| $p:r$ | $= (110):(10\bar{1})$ | $= 62\ 48$ | $63\ \ 1$ |
| $o:p$ | $= (12\bar{1}):(110)$ | $= 23\ 56$ | $23\ 43$ |
| $o:p'$ | $= (12\bar{1}):(\bar{1}10)$ | $= 57\ 56$ | $58\ 11$ |
| $o:o'$ | $= (12\bar{1}):(\bar{1}21)$ | $= 49\ 33$ | $50\ \ 0$ ca. |
| $o':c$ | $= (\bar{1}21):(001)$ | $= 76\ \ 8$ | $76\ \ 2$ |
| $o:r$ | $= (12\bar{1}):(10\bar{1})$ | $= 65\ 14$ | $65\ \ 0$ |
| $o':\omega$ | $= (\bar{1}21):(123)$ | $= 45\ 22$ | $45\ 19$ |
| $\omega:p$ | $= (123):(110)$ | $= 40\ 46$ | $40\ 52$ |
| $\omega:p'$ | $= (123):(\bar{1}10)$ | $= 69\ 19$ | $69\ 10$ |

### Calciummolybdat (Powellit) = $MoO_4Ca$.

Spec. Gew. 4,35 (nat. Kryst.).
Tetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:1,5457$ Hiortdahl[28]).

Durch Schmelzen von Calciumchlorid mit Natriummolybdat erhielt Hiortdahl nadelförmige Aggregate nach der Hauptaxe an einander gereihter Bipyramiden $p\{111\}$ mit schmalen Abstumpfungen durch $e\{101\}$ und zuweilen mit Zuspitzungen durch $b\{113\}$ (s. Fig. 655). Nach derselben Methode, aber mit einem Zusatze von $WO_4Na_2$ und $NaCl$ stellte Michel[29]) Krystalle mit 10% $WO_3$ dar; Comb.: $c\{001\}$, $p\{111\}$, $e\{101\}$; $a:c = 1:1,5449$; spec. Gew. 4,61.

Die natürlichen Krystalle, welche neben Molybdänsäure stets auch Wolframsäure enthalten, zeigen vorherrschend $p\{111\}$ und $e\{101\}$, zuweilen klein $c\{001\}$, manchmal aber auch $h\{313\}$, $j\{11.3.11\}$ u. a. Formen (s. Fig. 656).

Fig. 655.

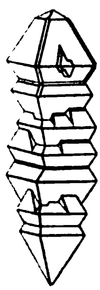
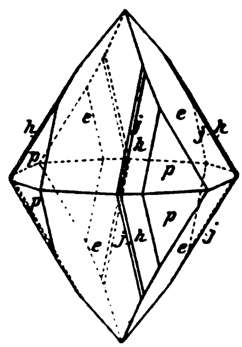


Fig. 656.



| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (111):(\bar{1}\bar{1}1)$ | $= 80^\circ\ 2'$ | $80^\circ\ 1\frac{1}{2}'$ |
| $p:p_,$ | $= (111):(11\bar{1})$ | $= 49\ \ 9\frac{3}{4}$ | $49\ \ 9\frac{1}{2}$ |
| $b:p$ | $= (113):(111)$ | $= 29\ 20$ | $29\ 17$ |

Spaltbarkeit nach $p\{111\}$ ziemlich vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich. Doppelbrechung positiv.

### Calciumwolframat (Scheelit) = $WO_4Ca$.

Spec. Gew. 6,062 Zambonini[30]), 5,542 Schulten[31]), 6,076 Manroß[11]), 6,04 (nat. Kryst.).
Tetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:1,5268$ Zambonini (nat. Kryst.).

---

28) Hiortdahl, Zeitschr. f. Krystall. 1887, **12**, 411.
29) Michel, Bull. soc. fr. min. 1894, **17**, 612. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **26**, 224.
30) Zambonini, Zeitschr. f. Krystall. 1905, **41**, 61.
31) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 112. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 101.

Schulten[31]) erhielt beim Zusatze einer Lösung von Natriumwolframat zu einer heißen salzsauren Lösung von Calciumchlorid kleine Bipyramiden, häufig mit $c\{001\}$. Debray[32]) erhitzte $WO_4Ca$ und $CaCl_2$ im $HCl$-Strome; es entstanden kleine oktaëderähnliche Krystalle, wahrscheinlich $e\{101\}$. Durch Schmelzen von Natriumwolframat mit Calciumchlorid stellte Manroß[11]) Krystalle dar, an welchen $p\{111\}$ vorherrschte; er fand $p:p_{,} = (111):(11\bar{1}) = 49^{\circ}40'$ (genau dem S. 393 angegebenen Axenverhältnisse entsprechend, welches auch Zambonini an künstlich erhaltenen Krystallen bestätigte). Nach demselben Verfahren, bei Zusatz von $NaCl$, oder durch Schmelzen von Wolframat mit Calciumchlorid erhielt Michel[33]) bipyramidale Krystalle, an welchen Bourgeois[13]) Flächen von Bipyramiden 3. Art und Zwillingsbildung nach $\{110\}$ und $\{100\}$ beobachtete.

Die natürlichen Scheelitkrystalle, welche zuweilen auch Molybdänsäure enthalten, zeigen entweder $p\{111\}$ oder $e\{101\}$ vorherrschend und nicht selten Bipyramiden 3. Art, wie $h\{313\}$ (s. Fig. 656 S. 393), $s\{311\}$ u. a. Durchkreuzungszwillinge nach $\{110\}$ und $\{100\}$.

Spaltbarkeit nach $p\{111\}$ ziemlich vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich, nach $e\{101\}$ unvollkommen.

Brechungsindices der natürlichen Krystalle nach Des Cloizeaux: $\omega = 1{,}9345$, $\varepsilon = 1{,}9185$ rot.

### Strontiummolybdat = $MoO_4Sr$.

Spec. Gew. 4,135—4,155 Marsh[34]).

Tetragonal bipyramidal.

$$a:c = 1:1{,}5738 \text{ Hiortdahl}^{28})$$

An den nach dem Verfahren von Schultze[9]) dargestellten, sehr genau meßbaren Krystallen beobachtete Hiortdahl (l. c. 413) dieselbe Ausbildung wie an denen des Calciumsalzes (Fig. 655), nur war $e\{101\}$ viel stärker entwickelt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 80^{\circ}20'$ | $80^{\circ}20'$ |
| $p:p_{,} = (111):(11\bar{1})$ | $= 48\ 23\frac{1}{2}$ | $48\ 23$ |

### Strontiumwolframat = $WO_4Sr$.

Spec. Gew. 6,184 Zambonini[31]).

Tetragonal bipyramidal.

$$a:c = 1:1{,}5582 \text{ Zambonini}^{30})$$

Die von Cossa[35]) dargestellten Krystalle zeigen nach Zambonini die Combination: $p\{111\}$, $e\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 80^{\circ}10'$ | $80^{\circ}11'$ |
| $p:p_{,} = (111):(11\bar{1})$ | $= 48\ 49$ | $48\ 49\frac{1}{2}$ |

### Baryummolybdat = $MoO_4Ba$.

Spec. Gew. 4,648—4,659 Marsh[34]).

Tetragonal bipyramidal.

$$a:c = 1:1{,}6232 \text{ Hiortdahl}^{29})$$

32) Debray, Compt. rend. 1862, **55**, 287. Bull. soc. chim. Paris 1862, 95.

33) Michel, Bull. soc. fr. min. 1879, **2**, 142. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **4**, 410.

34) Marsh in Clarke, Specif. Grav. f. Solids etc. Washington 1888, 105.

35) Cossa, Ricerche chim. e mineral. Torino 1881, 287.

Das Salz krystallisiert schwieriger als diejenigen von *Ca* und *Sr* und zeigt als einzige Form $p\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | 80° 50′ | 80° 43′ |
| $p:p, = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *47 4½ |

### Baryumwolframat = $WO_4Ba$.

Spec. Gew. 6,350 Zambonini[30]).

Tetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:1,6046$ Zambonini[30]).

Das von Cossa dargestellte Präparat bestand aus kleinen Bipyramiden $p\{111\}$, weniger gut ausgebildet, als die Krystalle von $WO_4Sr$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *80° 38½′ |
| $p:p, = (111):(11\bar{1}) =$ | 47° 34′ | 47 38 |

### Bleimolybdat (Wulfenit) = $MoO_4Pb$.

Spec. Gew. 6,811 Manroß[11]), 6,48—6,95 (nat. Kryst.).

Tetragonal pyramidal.

$a:c = 1:1,5777$ Koch (nat. Kryst.).

Manroß[11]) erhielt durch Schmelzen von Natriummolybdat mit Bleichlorid dicktafelige Krystalle, $c\{001\}$, $p\{111\}$ mit Andeutungen einer flacheren Pyramide.

Die natürlichen Krystalle zeigen $c\{001\}$, $c'\{00\bar{1}\}$, $p\{111\}$, $\pi\{11\bar{1}\}$, $\varepsilon\{10\bar{1}\}$ und mehrere Pyramiden und Prismen 3. Art.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | 80° 22′ | 80° 14′ |

Spaltbarkeit nach $p\{111\}$ unvollkommen.

Brechungsindices nach Des Cloizeaux (nat. Kryst.): $\omega = 2,402$, $\varepsilon = 2,304$ rot.

### Bleiwolframat = $WO_4Pb$.

#### Tetragonale Modification (nat. Stolzit).

Spec. Gew. 8,232—8,238 Manroß[11]).

$a:c = 1:1,5606$ Hlawatsch (nat. Kryst.).

Dargestellt von Manroß[11]) nach derselben Methode, wie das Molybdat, in Krystallen, welche vorherrschend $p\{111\}$ zeigten; $p:p = (111):(1\bar{1}1) = 80° 14'$.

Die natürlichen Krystalle sind ähnlich ausgebildet, wie diejenigen des Wulfenites.

Brechungsindices der natürlichen Krystalle nach Hlawatsch: $\omega = 2,2685$, $\varepsilon = 2,182$ (*Na*).

#### Monokline Modification (Raspit).

$a:b:c = 1,9493:1:1,1112$; $\beta = 107° 41'$ Hlawatsch (nat. Kryst.).

Dieses Mineral findet sich in Krystallen der Combination: $\{100\}$, $\{001\}$, $\{011\}$, $\{010\}$ u. a. Zwillinge nach $\{100\}$.

Spaltbarkeit nach $\{100\}$ sehr vollkommen.

Ebene der optischen Axen $\{010\}$.

### Manganwolframat (Hübnerit) = $WO_4Mn$.

Spec. Gew. 6,7—7,3 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}8315:1:0{,}8651$; $\beta = 90°22'$ Groth und Arzruni[36]).

Die von Geuther und Forsberg[10]) dargestellten Krystalle sind nach Groth und Arzruni meist Prismen $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$ und Zwillinge nach $a\{100\}$, an deren Enden $\delta\{10\bar{2}\}$ auftritt, seltener einfache Krystalle, dünne Plättchen $\parallel$ $\delta\{10\bar{2}\}$ mit schmalen Prismenflächen. Der Wert $\beta$ wurde dem Wolframit entlehnt, die Beobachtung ergab:

$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*79°29'$, $\delta:a = (10\bar{2}):(100) = {}^*63°1\frac{1}{2}'$.

Die natürlichen Krystalle zeigen außer den verticalen Prismenflächen $\{101\}$, $\{011\}$, $\{111\}$ u. a.

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen $\perp b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet $17\frac{1}{2}°$ mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; $2V = 75°$ ca. *Li*. Körperfarbe rot.

### Ferrowolframat (Ferberit) = $WO_4Fe$.

Spec. Gew. 6,8 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}8229:1:0{,}8463$; $\beta = 90°22'$ Groth und Arzruni[36]).

Die Krystalle zeigten dieselben Formen, wie die der *Mn*-Verbindung, aber statt $\delta$ die Form $d\{102\}$ und außerdem $n\{120\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $e\{011\}$ und $\alpha\{21\bar{1}\}$; sie waren nur angenähert meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *78°50½′ |
| $d:a = (102):(100) =$ | — | *62 27 |
| $a:c = (100):(001) =$ | (89°38′) | — |
| $n:m = (120):(110) =$ | 19 17 | 19 16 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | (51 24) | 51 2 |
| $\omega':e = (\bar{1}11):(011) =$ | (38 7) | 39 20 |
| $\alpha:a = (21\bar{1}):(100) =$ | (62 11) | 64 8 |

(Berechnete Werte für Wolframit.)
Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

### Wolframit = $WO_4(Fe, Mn)$.

Spec. Gew. 7,2—7,5 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}8300:1:0{,}8678$; $\beta = 90°22'$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Eine von Geuther und Forsberg[10]) dargestellte Mischung im Verhältnisse $Mn:Fe = 2:3$ zeigte die Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $e\{011\}$ und lieferte gute Werte. Die natürlichen Krystalle, in denen das Verhältnis $Mn:Fe$ ein sehr wechselndes ist, bilden Combinationen von $m\{110\}$, $a\{100\}$, $d\{102\}$, $\delta\{10\bar{2}\}$, $o\{111\}$, $s\{121\}$ und sind häufig Zwillinge nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 79°23′ | 79°18′ |
| $e:e = (011):(0\bar{1}1) =$ | 81 54 | 81 43 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

36) Groth u. Arzruni, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1873, **149**, 235.

## Hydrate und Ammoniakverbindungen normaler Sulfate, Chromate usw. zweiwertiger Metalle.

Das wasserärmste, hierher gehörige Salz ist das **Calciumsulfat-Hemihydrat** $= SO_4Ca.\frac{1}{2}H_2O$, welches sich zuweilen in Dampfkesseln bildet und nach einer Mitteilung von Brooke an Johnston[1]) rhombisch krystallisieren soll; in seidenglänzenden Nadeln entsteht die Verbindung durch unvollständige Entwässerung von Gyps, und solche Nadeln, welche nach van 't Hoff[2]) aus dieser Verbindung bestehen, bezeichnet Lacroix[3]) als hexagonal. Das entsprechende chromsaure Salz $CrO_4Ca.\frac{1}{2}H_2O$, dargestellt von Mylius und Wrochem[4]), ist nach Fock vermutlich rhombisch.

Eine Verbindung mit 1 Mol. $H_2O$ ist vom Beryllium bekannt: **Berylliumchromat-Monohydrat** $= CrO_4Be.H_2O$; nach Glaßmann[5]) bildet dasselbe monokline Tafeln nach $\{010\}$ mit den Randflächen $\{110\}$, $\{191\}$ und $\{\bar{1}91\}$ (Messungen werden nicht angegeben). Monoklin krystallisiert auch das **Magnesiumsulfat-Monohydrat** $= SO_4Mg.H_2O$, welches sich als Kieserit in den Steinsalzlagerstätten findet und daselbst besonders neben dem Carnallit entstanden ist. Keinerlei Übereinstimmung zeigt mit ihm das rhombische **Calciumchromat-Monohydrat** $= CrO_4Ca.H_2O$, nach Mylius[4]) das stabilste unter den verschiedenen Hydraten des Calciumchromates. Eher ist auch eine Isomorphie mit dem Kieserit zu erwarten bei dem **Cadmiumsulfat-Monohydrat** $= SO_4Cd.H_2O$, und in der Tat zeigt dieses Salz eine unverkennbare Ähnlichkeit mit jenem, welche durch Darstellung von Mischungen und durch Untersuchung zwischenstehender Monohydrate der Sulfate anderer zweiwertiger Metalle, besonders des Zinksalzes, weiter zu verfolgen wäre.

Unter den Verbindungen mit 2 Mol. $H_2O$ ist die wichtigste der monokline Gyps, **Calciumsulfat-Dihydrat** $= SO_4Ca.2H_2O$. Damit isomorph ist das **Calciumchromat-Dihydrat** $= CrO_4Ca.2H_2O$ in seiner labilen, aus übersättigten Lösungen sich ausscheidenden Modification, welche in Berührung mit der gesättigten Lösung leicht in die stabile rhombische Modification übergeht. Eine der letzteren entsprechende Form des Sulfates ist nicht bekannt. **Calciumselenat-Dihydrat** $= SeO_4Ca.2H_2O$ erhielt Hauer[6]) in gypsähnlichen Nadeln, welche nicht gemessen worden sind. Magnesiumsulfat-Dihydrat $= SO_4Mg.2H_2O$ krystallisiert nach van 't Hoff und Dawson[7]) unvollkommen und geht spontan in das $\frac{5}{4}$-Hydrat über; wahrscheinlich

---

1) Johnston, Philos. Magaz. 1838, **13**, 325. Journ. f. prakt. Chemie 1839, **16**, 100.
2) Van 't Hoff u. Weigert, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1901, 1140. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **38**, 173.
3) Lacroix, Compt. rend. 1898, **126**, 360. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 633.
4) Mylius u. Wrochem (krystall. Angaben von Fock), Ber. d. d. chem. Ges. 1900, **33**, 3692.
5) Glaßmann, Ber. d. d. chem. Ges. 1907, **40**, 2603.
6) K. v. Hauer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1860, **39**, 304.
7) Van 't Hoff u. Dawson, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1899, 340. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **35**, 373.

ist es isomorph mit den beiden rhombischen Verbindungen: **Manganoselenat-Dihydrat** = $SeO_4Mn.2H_2O$ und **Cadmiumselenat-Dihydrat** = $SeO_4Cd.2H_2O$. Auffallend ist, daß ein dem letzteren entsprechendes Sulfat nicht existiert, sondern sich aus wässerigen Lösungen stets **Cadmiumsulfat-$\frac{8}{3}$-Hydrat** = $SO_4Cd.\frac{8}{3}H_2O$ bildet; dieses Salz krystallisiert monoklin und nimmt nach Stortenbeker[8]) aus einer Lösung mit Ferrosulfat bis 1% $Fe$ auf; das Hydrat $SO_4Fe.\frac{8}{3}H_2O$ existiert aber nur in diesen Mischkrystallen, welche vorwiegend aus dem Cadmiumsalze bestehen.

Das monokline **Cuprisulfat-Trihydrat** = $SO_4Cu.3H_2O$ ist die einzige krystallographisch untersuchte Verbindung mit 3 Mol. $H_2O$, interessant als Beispiel der domatischen Symmetrieklasse.

Schwefelsaures Beryllium bildet, wie schon Berzelius fand, nur ein gut krystallisierendes Hydrat: **Berylliumsulfat-Tetrahydrat** = $SO_4Be.4H_2O$; die tetragonale Form und die auftretenden Zwillingsbildungen dieses Körpers deuten auf eine pseudokubische Structur der Krystalle hin. **Berylliumselenat-Tetrahydrat** = $SeO_4Be.4H_2O$ krystallisiert rhombisch, zeigt aber eine so große Ähnlichkeit der Winkel und des Habitus der Krystalle mit dem Sulfate, daß die Annahme einer Polysymmetrie beider Körper sehr wahrscheinlich ist. Dementsprechend bilden sie isomorphe Mischungen, und zwar scheiden sich aus Lösungen gleicher Moleküle Mischkrystalle von der Form des Selenates aus mit 0,40 $Se$ auf 0,60 $S$; aus Lösungen, welche 3 Mol. Sulfat auf ein 1 Mol. Selenat enthalten, entstehen zuerst tetragonale Krystalle, welche aber höchstens 0,12 $Se$ auf 0,88 $S$ enthalten, während schon bei den darauf sich bildenden Mischkrystallen mit 0,20 $Se$ auf 0,80 $S$ die rhombische Form des reinen Selenates entsteht, wenn auch in schlecht ausgebildeten Krystallen. Um die isomorphe Vertretbarkeit des Berylliums durch andere zweiwertige Metalle zu prüfen, versuchte Retgers[9]) Mischkrystalle von schwefelsaurem Beryllium mit den Sulfaten von $Mn$, $Fe$, $Ni$ und $Cu$ darzustellen, doch krystallisierte aus den gemischten Lösungen das Berylliumsulfat stets vollkommen rein aus; dies spricht dafür, daß ein Hydrat des letzteren mit höherem Wassergehalte auch in Mischkrystallen nicht existenzfähig ist. Soweit Tetrahydrate von Sulfaten anderer zweiwertiger Metalle bekannt sind, krystallisieren dieselben in der Tat verschieden von dem Berylliumsalze. **Magnesiumsulfat-Tetrahydrat** = $SO_4Mg.4H_2O$ ist monoklin und unzweifelhaft isomorph mit **Mangano- und Ferrosulfat-Tetrahydrat** = $SO_4Mn.4H_2O$ und $SO_4Fe.4H_2O$; für die beiden letzteren Salze gibt Rammelsberg[10]) eine rhombisch-prismatische Form an, aber ohne Messungen, und Schieber[11]) beobachtete, daß aus einer Lösung von Manganosulfat bei 35°—40° sich zweierlei Krystalle des Tetrahydrates bilden,

8) Stortenbeker, Zeitschr. f. phys. Chemie 1900, **34**, 108. Ausz. Zeitschr. f. Kryst. **36**, 296.
9) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **20**, 481. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **30**, 635.
10) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 92.
11) Schieber, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1898, **107** (IIb), 270. Monatshefte für Chemie **19**, 288.

rhombische, ziemlich beständige, und, oft nur in geringer Menge, rasch verwitternde monokline Krystalle; auch hier werden keine Messungen angeführt. Da Goßner (Privatmitt.) bei derselben Temperatur nur die gewöhnlichen monoklinen Krystalle erhielt, dürfte die Existenz einer heteromorphen rhombischen Form zweifelhaft sein.

Verbindungen mit 5 Mol. $H_2O$ sind in größerer Zahl bekannt; sie krystallisieren sämmtlich triklin und gehören einer isomorphen Gruppe an, welche man nach dem wichtigsten Gliede derselben als diejenige des Kupfervitriols bezeichnen kann. **Magnesiumsulfat-Pentahydrat** $= SO_4Mg.5H_2O$ und **Magnesiumchromat-Pentahydrat** $= CrO_4Mg.5H_2O$ zeigen auch eine vollständige Übereinstimmung in dem Habitus ihrer Krystalle, während **Magnesiummolybdat-Pentahydrat** $= MoO_4Mg.5H_2O$ sowohl in den Elementen als in der Ausbildung nicht unbedeutend von allen übrigen Gliedern dieser Gruppe abweicht; da das Salz mit dem Chromate trotz der erheblichen Differenz der Äquivalentvolumina beider (*Cr*-Verb. 117,8, *Mo*-Verb. 135,1) isomorphe Mischungen bildet, wäre es von Interesse, solche Mischkrystalle genauer zu untersuchen und zu prüfen, ob nicht etwa für die Krystalle des Molybdates eine andere Aufstellung erforderlich sei, welche zu einer größeren Ähnlichkeit der Elemente führt. Von den übrigen, das Magnesium isomorph vertretenden Metallen sind außer hierhergehörigen Sulfaten nur Selenate in Krystallen bekannt. **Manganosulfat-Pentahydrat** (Manganvitriol) $= SO_4Mn.5H_2O$ und **Manganoselenat-Pentahydrat** $= SeO_4Mn.5H_2O$ zeigen übereinstimmenden Habitus und ähnliche Winkel, wie Kupfervitriol. **Ferrosulfat-Pentahydrat** $= SO_4Fe.5H_2O$ zeigt fast genau dieselben Winkel, wie das zuletzt erwähnte Salz; das Ferroselenat hat Wohlwill[12]) in der Form des Kupfervitriols, aber nicht in meßbaren Krystallen erhalten. Von schwefelsaurem Kobalt ist eine Verbindung mit $5H_2O$ bisher noch nicht dargestellt worden, dagegen konnte vom **Kobaltoselenat-Pentahydrat** $= SeO_4Co.5H_2O$ die Zugehörigkeit zu der vorliegenden isomorphen Gruppe festgestellt werden. Pentahydrate von Nickelsulfat und -selenat können für sich nicht erhalten werden; nur in geringer Menge vermag das erstere Salz in isomorpher Mischung zusammenzukrystallisieren mit dem Kupfervitriol, **Cuprisulfat-Pentahydrat** $= SO_4Cu.5H_2O$, mit welchem das **Cupriselenat-Pentahydrat** $= SeC_4Cu.5H_2O$ vollkommen isomorph ist und ihm auch in der blauen Farbe gleicht. Diesem schließt sich endlich noch an das **Zinkselenat-Pentahydrat** $= SeO_4Zn.5H_2O$, während das Sulfat bisher noch nicht in meßbaren Krystallen dargestellt worden ist; letzteres bildet aber isomorphe Mischungen mit Kupfervitriol, bei gewöhnlicher Temperatur nach Retgers[13]) nur bis zu einem Gehalte von 8% $SO_4Zn.5H_2O$, bei höheren Temperaturen mit bedeutend größerem

---

12) Wohlwill, Über isomorphe Mischungen der selensauren Salze, Dissert. Göttingen 1860, 47.

13) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1894, **15**, 573. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **26**, 637.

Zinkgehalte, so daß nach Foote[14]) bei 45° trikline Mischkrystalle mit 51% $SO_4Zn.5H_2O$ sich bilden können. Ähnlich verhalten sich von den übrigen Gliedern dieser isomorphen Gruppe die Sulfate von Magnesium und Eisen, indem sie bei gewöhnlicher Temperatur als Pentahydrate nur Mischkrystalle mit Kupfervitriol bilden, wenn letzterer bedeutend vorherrscht; anderenfalls entstehen die im folgenden zu betrachtenden Verbindungen mit höherem Wassergehalte. Dagegen existieren Mischkrystalle von $SO_4Mn.5H_2O$ und $SO_4Cu.5H_2O$ in den verschiedensten Verhältnissen, sind aber nach Stortenbeker[15]) nur dann gut ausgebildet, wenn eines der beiden Salze in denselben stark vorherrscht. Die Erfahrung, daß isomorphe Mischungen oft weit flächenärmere Krystalle bilden, als die reinen Verbindungen, bestätigen zinkhaltige Mischkrystalle der Präparatensammlung in München, von welchen jedoch keine quantitative Analyse vorliegt: hellblaue Krystalle von der Zusammensetzung $SO_4(Cu, Mg, Zn).5H_2O$, Combination dreier Pinakoide mit den nur approximativ meßbaren Winkeln (nach Goßner) 57°, 77°, 53° (wahrscheinlich $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $t\{021\}$); hellrote Krystalle derselben Form, aus denselben Sulfaten und aus Kobaltsulfat, welches nach der Farbe in ziemlich erheblicher Menge vorhanden sein muß, bestehend; hiernach muß die Verbindung $SO_4Co.5H_2O$ leicht in Krystallen von der Form des Kupfervitriols zu erhalten sein.

Von den beiden Salzen **Magnesiumsulfat-Hexahydrat** = $SO_4Mg.6H_2O$ und **Magnesiumselenat-Hexahydrat** = $SeO_4Mg.6H_2O$ ist nur eine monokline Modification sicher nachgewiesen worden, doch ist aus der Isomorphie derselben mit der monoklinen Form des Nickelsulfates auf die wahrscheinliche Existenz einer zweiten tetragonalen Modification zu schließen. Eine Verbindung von Manganosulfat mit 6 Mol. Wasser ist nicht bekannt; dagegen hat Lecoq de Boisbaudran[16]) eine solche von Ferrosulfat in monoklinen Krystallen erhalten, von welchen zwar keine Messungen vorliegen, die aber mit dem monoklinen Nickelsalze isomorph sein müssen, da sie in der übersättigten Lösung desselben Krystallisation hervorrufen und auch isomorphe Mischungen mit ihm bilden. **Nickelsulfat-Hexahydrat** = $SO_4Ni.6H_2O$ krystallisiert bei 30°—40° tetragonal, über 50° monoklin, isomorph mit dem $SO_4Mg.6H_2O$; nach den Versuchen von Scacchi[17]) entstehen beim raschen Abkühlen der Lösung auch zwischen 30° und 40° zuerst die bei dieser Temperatur metastabilen monoklinen Krystalle, dann daneben die stabilen tetragonalen; enthält die Lösung freie Schwefelsäure, so können auch bei freiwilligem Verdunsten monokline Krystalle neben tetragonalen sich bilden, werden aber in der Lösung von letzteren aufgezehrt; Scacchi beobachtete

---

14) Foote, Amer. Chem. Journ. 1901, **26**, 418.

15) Stortenbeker, Zeitschr. f. phys. Chemie 1900, **34**, 111. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 296.

16) Lecoq de Boisbaudran, Compt. rend. 1868, **66**. 497. Bull. soc. chim. Par. (2) **9**, 191. Ann. chim. phys. 1869, (4) **18**, 246.

17) A. Scacchi, d. Polisimmetria d. cristalli 105 (Atti d. R. Accad. d. Sc. fis. e mat. Napoli 1863, **1**, Nr. 11).

ferner die directe Umwandlung der monoklinen Modification in die tetragonale; diese erfolgt spontan bei gewöhnlicher Temperatur, und zwar zeigen besonders deutlich die aus sauren Lösungen entstandenen monoklinen Krystalle von einzelnen Punkten ausgehend die Bildung erkennbarer tetragonaler Krystalle in unregelmäßiger Stellung. **Nickelselenat-Hexahydrat** $= SeO_4Ni.6H_2O$ krystallisiert in gewöhnlicher, wie in höherer Temperatur nur in der tetragonalen Form des Sulfates. Umgekehrt ist vom **Kobaltosulfat-Hexahydrat** $= SO_4Co.6H_2O$ und ebenso vom **Kobaltoselenat-Hexahydrat** $= SeO_4Co.6H_2O$ nur die monokline Modification bekannt. Da der Kupfervitriol mit den Pentahydraten von *Mg*, *Ni*, *Zn* usw. (s. S. 399) isomorph ist, so ist auch die Existenz einer der vorliegenden isodimorphen Gruppe angehörigen Verbindung von Cuprisulfat mit 6 Mol. $H_2O$ zu erwarten; in der Tat beobachtete Lecoq de Boisbaudran[18]), daß in einer bei gewöhnlicher Temperatur übersättigten Lösung von Kupfervitriol die Berührung mit einem tetragonalen Krystalle von Nickelsulfat-Hexahydrat die Bildung tetragonaler Prismen und Bipyramiden von $SO_4Cu.6H_2O$ bewirkt, welche aber schon in der Flüssigkeit sich leicht verändern; ebenso stellte Derselbe[16]) tetragonale Mischkrystalle von Kupfer- und Zinksulfat mit 6 Mol. $H_2O$ dar. Foote[14]) erhielt bei 45° eine isomorphe Mischung von $SO_4Zn.6H_2O$ und $SO_4Cu.6H_2O$ mit 4—6% des letzteren Salzes, gibt aber leider über deren Krystallform nichts an. Von **Zinksulfat-Hexahydrat** $= SO_4Zn.6H_2O$ teilt Lecoq de Boisbaudran mit, daß er nach derselben Methode wie beim Kupfersalze tetragonale Krystalle erhalten habe; gemessen ist nur die monokline Modification, umgekehrt von **Zinkselenat-Hexahydrat** $= SeO_4Zn.6H_2O$ nur die tetragonale. Daß die eine oder die andere der beiden Arten von Krystallformen dieser Gruppe mehrfach nicht erhalten werden konnte, ist jedenfalls darin begründet, daß sich bei Änderung der Temperatur der Lösung statt der anderen Modification häufig ein anderes Hydrat ausscheidet.

Ähnliche Verhältnisse bieten die Verbindungen derselben Sulfate usw. mit dem höchsten Wassergehalte, mit 7 Mol. $H_2O$, dar; diese bilden ebenfalls eine isodimorphe Gruppe, deren Glieder entweder rhombisch oder monoklin krystallisieren, während sie die andere Form in isomorphen Mischungen ebenfalls anzunehmen imstande sind. Beide Modificationen des reinen Salzes sind nur bekannt vom **Magnesiumsulfat-Heptahydrat** $= SO_4Mg.7H_2O$, welches aus gesättigten Lösungen, auch bei mannigfachen Zusätzen, rhombisch (als bekanntes Beispiel bisphenoïdischer Symmetrie), aus übersättigter Lösung dagegen in der, für dieses Salz sehr labilen monoklinen Modification krystallisiert. **Magnesiumchromat-Heptahydrat** $= CrO_4Mg.7H_2O$ kennt man nur in der rhombischen, mit der stabilen Form des Sulfates isomorphen Modification; beide Salze bilden Mischkrystalle, welche fast ausschließlich die einfachste Combination des Sulfates (Fig. 674 S. 429) zeigen und deren Brechungsindices von Fock[19]) unter-

18) Lecoq de Boisbaudran, Compt. rend. 1867, 65, 1249. Bull. soc. chim. Paris (2) 8, 3.
19) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 601.

sucht wurden; Derselbe konnte homogene Mischkrystalle nur bei vorherrschendem Sulfatgehalte darstellen und fand, daß auch bei diesen eine dem Mischungsverhältnisse proportionale Änderung der Brechungsindices nicht stattfinde. Magnesiumselenat-Heptahydrat $= SeO_4Mg.7H_2O$ krystallisiert unter 15° in zerfließlichen Prismen, welche wahrscheinlich mit dem vorigen Salze isomorph sind. **Vanadosulfat-Heptahydrat** $= SO_4V.7H_2O$ bildet nach Piccini[20]) violettazurblaue monokline Krystalle, welche sich an der Luft außerordentlich rasch verändern; ihre Zugehörigkeit zur vorliegenden isodimorphen Gruppe geht daraus hervor, daß sie mit Bittersalz rhombische Mischkrystalle bilden, wenn das Magnesiumsulfat vorherrscht, monokline bei vorwaltendem Vanadosulfate, während ihre Mischungen mit Eisenvitriol sämmtlich, wie letzterer, monoklin krystallisieren. **Manganosulfat-Heptahydrat** $= SO_4Mn.7H_2O$ soll bei ca. 0° in der Form des Eisenvitrioles, also monoklin, krystallisieren; als Mineral Mallardit kommt dieses ebenfalls unbeständige Salz nur in faserigen Aggregaten vor; seine Isomorphie mit dem Eisenvitriole folgt in der Tat aus den Mischkrystallen, welche von Rammelsberg[21]) und Retgers[22]) dargestellt wurden; diese zeigen nämlich die monokline Form des Eisenvitrioles, wenn dieser in der Mischung vorwaltet, ebenso die Mischungen mit $SO_4Mg.7H_2O$; ist aber letzteres in erheblich größerer Menge darin enthalten, so krystallisieren die Mischungen in der Form des Bittersalzes, während die Mischungsreihe in der Mitte eine Lücke zeigt. Isomorphe Mischungen von Mangan- und Eisenvitriol sind auch in der Natur beobachtet und als Luckit bezeichnet worden. Chromsaures Mangan ist nicht existenzfähig, und das entsprechende Selenat ist ebenfalls noch nicht dargestellt worden. Das wichtigste Glied der Gruppe bildet der Eisenvitriol (Melanterit), welcher die gewöhnliche, monokline Form des **Ferrosulfat-Heptahydrat** $=$ $SO_4Fe.7H_2O$ darstellt, deren Krystallstructur zweifellos eine pseudorhomboëdrische ist. Eine zweite, labile Modification beobachtete Lehmann[23]) beim Erkalten heißer Lösung, und Krystalle von der Zusammensetzung des Eisenvitrioles, aber vom Ansehen des Bittersalzes, wurden auch in der Natur beobachtet (Messungen liegen nicht vor) und als Tauriscit bezeichnet. Daß in der Tat das Heptahydrat des Ferrosulfates dimorph und mit dem Magnesiumsalze isodimorph ist, beweist die isomorphe Mischbarkeit mit dem letzteren: die Mischkrystalle mit vorherrschendem Eisenvitriole zeigen nach Rammelsberg[21]) (l. c. 336) dessen Form in flächenreichen (dasselbe gilt auch von den natürlichen Krystallen), oft sehr unsymmetrischen Combinationen, bei Zunahme des Gehaltes an Magnesiumsulfat wird die Combination einfacher, und bei ungefähr gleichen Mengen beider Salze bilden sich nur rhomboëderähnliche Formen (Fig. 675 S. 432); Mischkrystalle in der rhombischen Form des

20) Piccini (Krystallbest. v. Bartalini), Zeitschr. f. anorg. Chemie 1899, **19**, 204; 1902, **32**, 55. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **40**, 605.

21) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1854, **91**, 342.

22) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1895, **16**, 580. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 174.

23) O. Lehmann, Zeitschr. f. Krystall. 1877, **1**, 113.

Bittersalzes erhielt Rammelsberg dagegen, wenn letzteres mindestens in der vierfachen Menge darin enthalten war. Von einigen der monoklinen Mischungen liegen auch genauere Messungen vor. Retgers[24]) wies durch eine systematische Untersuchung nach, daß in den monoklinen Mischkrystallen, welche 0—54 % $SO_4Mg.7H_2O$ enthalten, dieses Salz nicht mit dem specifischen Gewichte des Bittersalzes, sondern mit einem höheren (1,691) vorhanden ist, während die rhombischen Mischkrystalle, deren Gehalt an $SO_4Fe.7H_2O$ höchstens 19 % beträgt, das letztere Salz nicht mit dem specifischen Gewichte des Eisenvitrioles, sondern mit dem niedrigeren (1,875) der rhombischen Modification enthalten (s. Einleitung S. 60). Übrigens wurde durch diese Untersuchung auch zum ersten Male das für isodimorphe Substanzen charakteristische Vorhandensein einer Lücke in der Mischungsreihe nachgewiesen. Von **Ferroselenat-Heptahydrat** $= SeO_4Fe.7H_2O$ ist nur die monokline Form bekannt. **Nickelsulfat-Heptahydrat** $= SO_4Ni.7H_2O$ krystallisiert dagegen rhombisch in der gewöhnlichen Form des Bittersalzes, mit welchem es in den verschiedensten Verhältnissen isomorphe Mischungen bildet, deren mittlerer Brechungsindex nach Dufet[25]) proportional dem Nickelgehalte wächst. Die Mischungen mit Eisenvitriol krystallisieren rhombisch bis zu 21 %, monoklin von 50—100 % des letzteren (Retgers[22]) l. c. 578). Die entsprechende Selenverbindung würde wohl in niedriger Temperatur zu erhalten sein, ist aber noch nicht dargestellt worden. Ähnlich, wie bei den Hexahydraten, verhält sich auch hier das Salz des Kobalts abweichend von dem des Nickels, denn die bei gewöhnlicher Temperatur stabile Form von **Kobaltosulfat-Heptahydrat** $= SO_4Co.7H_2O$ ist die monokline, und auch **Kobaltoselenat-Heptahydrat** $= SeO_4Co.7H_2O$ kennt man nur in dieser Form; das erstere Salz, von welchem übrigens nur approximative ältere Messungen vorliegen, bildet mit Eisenvitriol nach Retgers[13]) eine continuierliche Mischungsreihe. **Cuprisulfat-Heptahydrat** $= SO_4Cu.7H_2O$ bildet sich wahrscheinlich nur in niedriger Temperatur; bisher hat man diese Verbindung lediglich aus übersättigter Lösung erhalten und ihre monokline Krystallform nur durch Auffindung natürlicher Krystalle bestimmen können, ihre Isomorphie mit dem Eisenvitriole ergibt sich aber außerdem durch die Mischkrystalle beider Salze, welche nach Rammelsberg[21]) (l. c. 348) meist die einfachen rhomboëderähnlichen Formen des Eisenvitrioles zeigen, oft aber auch prismatisch nach $m\{110\}$ ausgebildet sind und bis ungefähr 50 Mol.-% $SO_4Cu.7H_2O$ enthalten (Retgers[13]) gibt 43 % als Grenzwert an). Als Pisanit werden ebenso zusammengesetzte natürliche Mischkrystalle bezeichnet, welche ebenfalls meist die letzterwähnte einfache Ausbildung zeigen, zuweilen aber recht flächenreich sind. Rammelsberg (l. c. 346) erhielt ferner Mischkrystalle von $SO_4Cu.7H_2O$ mit $SO_4Mg.7H_2O$ mit einem Gehalte bis zu 50 Mol.-% des Kupfersalzes, welche ebenfalls die Eisenvitriol-

24) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1889, 3, 534. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 19, 626.
25) Dufet, Compt. rend. 1878, 86, 880. Bull. soc. fr. min. 1, 58. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 3, 431.

form zeigten, und solche isomorphe Mischungen kommen auch als Mineralien vor und werden Cupromagnesit genannt. Endlich bildet nach Retgers[22]) (l. c. 583) auch $SO_4Mn.7H_2O$ mit 5—38 Mol.-% $SO_4Cu.7H_2O$ monokline Krystalle[26]), und eine genaue krystallographische Untersuchung liegt von Michungen des Kupfersulfates in der Eisenvitriolform vor sowohl mit Nickel- als mit Kobaltsulfat. **Zinksulfat-Heptahydrat** (Zinkvitriol) $= SO_4Zn.7H_2O$ krystallisiert unter gewöhnlichen Umständen in der rhombischen Form des Bittersalzes, während es sich nach Lecoq de Boisbaudran[18]) aus übersättigten Lösungen bei der Berührung mit einem Krystalle von Eisenvitriol in monoklinen Krystallen abscheidet, welche sich rasch umwandeln; mikroskopisch erhielt solche auch Fedorow[27]). Dementsprechend bildet es mit $SO_4Mg.7H_2O$ eine continuierliche Reihe rhombischer Mischkrystalle, deren Dichte, Krystallwinkel und optische Eigenschaften sich nach Dufet[28]) proportional ihrer Zusammensetzung ändern. Gemischte Lösungen von Zink- und Kupfervitriol liefern beim Verdunsten nach Retgers[13]) rhombische Mischkrystalle; Stortenbeker[29]) fand sie rhombisch bei 0—2 Mol.-% $SO_4Cu.7H_2O$, monoklin bei 15—32 Mol.-% des letzteren, endlich triklin mit 5 Mol. $H_2O$ bei 82—100% des Kupfersalzes; auch Foote[14]) erhielt sowohl rhombische, als monokline Mischkrystalle, z. T. neben einander, aber mit verschiedenem Kupfergehalte. Zinkchromat-Heptahydrat $=$ $CrO_4Zn.7H_2O$ ist nur als isomorphe Beimischung im Zinkvitriole dargestellt worden, und die entsprechende selensaure Verbindung scheint nicht zu existieren. **Cadmiumsulfat-Heptahydrat** $= SO_4Cd.7H_2O$ kann nur in sehr niedriger Temperatur erhalten werden und ist sehr unbeständig; es bildet aber isomorphe Mischungen mit Eisenvitriol, welche nach Retgers[22]) bis 44,4, nach Stortenbeker[26]) bis 36,6 Mol.-% des Cadmiumsalzes enthalten; spec. Gewicht und Axenwinkel dieser Mischkrystalle bestimmte Sommerfeldt[30]) und berechnete aus ersterem die Dichte der Cadmiumverbindung zu 2,48. Untersuchungen der optischen Eigenschaften rhombischer Mischkrystalle der vorhergehenden Salze liegen auch vor von Wyrouboff[31]). Von Interesse für die vorliegende isodimorphe Gruppe ist ferner die Beobachtung von Thomson[32]), daß in übersättigter Bittersalzlösung nur die direct isomorphen Salze $SO_4Ni.7H_2O$ und $SO_4Zn.7H_2O$ sofortige Krystallisation bewirken, die monoklinen Modificationen von Eisen- und Kobalt-

26) Stortenbeker, Zeitschr. f. phys. Chemie 1900, **34**, 108 (Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 296) fand die Grenzwerte 16—28½ Mol.-%.

27) E. v. Fedorow, Bull. Acad. Imp. St. Pétersbourg 1903, **18**, 15 (ebenso *Ni*-Sulfat).

28) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1880, **3**, 180; 1889, **12**, 22. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 589; **20**, 269.

29) Stortenbeker, Zeitschr. f. phys. Chemie 1897, **22**, 60. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 84.

30) Sommerfeldt, N. Jahrb. f. Min. usw. 1900, Beil.-Bd. **13**, 445. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 527.

31) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1880, **3**, 69. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **8**, 625.

32) J. M. Thomson, Journ. Chem. Soc. London 1879, **35**, 196. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 94.

salz erst nach einiger Zeit. Endlich behandelte Stortenbeker[33]) die verschiedenen Möglichkeiten der Bildung der einzelnen Modificationen und der verschiedenen Hydrate aus gemischten Lösungen der Vitriole, und die Volumänderungen derselben beim Erwärmen untersuchte Wiedemann[34]).

Einige der Sulfate, deren Hydrate im vorhergehenden behandelt wurden, bilden auch Ammoniakverbindungen, welche aber, wie die von Nickel und Zink, ziemlich unbeständig sind und eine krystallographische Untersuchung bisher nicht gefunden haben bis auf das rhombisch krystallisierte **Tetrammin-Cuprisulfat-Monohydrat** $= SO_4Cu.4NH_3.H_2O$. Außerdem ist die Krystallform einer **Hydroxylaminverbindung** des **Nickelsulfates** $= SO_4Ni.6NH_2OH$, allerdings nur unvollständig, bekannt: dieselbe bildet nach Luedecke[35]) rötlichbraune trikline Krystalle $\{001\}$, $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{100\}$, selten und klein $\{1\bar{1}1\}$; $(110):(100) = 45\frac{3}{4}^\circ$, $(1\bar{1}0):(100) = 80\frac{1}{2}^\circ$; durch $\{001\}$ ein Axenbild sichtbar.

Das Sulfat des zweiwertigen Platins ist nicht in deutlich krystallisiertem Zustande erhalten worden, bildet aber eine bekannte Ammoniakverbindung, **Tetrammin-Platosulfat** $= SO_4Pt.4NH_3$, welche tetragonal krystallisiert. Carlgren und Cleve[36]) beschrieben ein Salz, welches außerdem noch $\frac{1}{2}$ Mol. $NO_3$ enthalten soll, dessen Krystalle jedoch nach der Untersuchung von Johansson so genau mit denen der eben erwähnten Verbindung übereinstimmen, daß sie als höchst wahrscheinlich mit dieser identisch zu betrachten sind. Auch dem Tetrammin-Platosulfat schließt sich eine **Hydroxylaminverbindung** von der Zusammensetzung $SO_4Pt.2NH_2OH$ an, welche nach Luedecke[35]) (l. c. 123) trikline Krystalle der Combination: $\{001\}$, $\{100\}$, $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$ mit einigen nicht meßbaren Formen bildet; $(100):(001) = 98^\circ 53'$, $(110):(100) = 72^\circ 23'$, $(1\bar{1}0):(100) = 73^\circ 30'$.

### Magnesiumsulfat-Monohydrat $= SO_4Mg.H_2O$
(nat. Kieserit).

Spec. Gew. 2,569 Tschermak (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,9147:1:1,7445$; $\beta = 91^\circ 7'$ Tschermak (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet im Steinsalze eingewachsene, spitz bipyramidale Combinationen von $\{111\}$ und $\{11\bar{1}\}$, untergeordnet: $\{113\}$, $\{11\bar{3}\}$, $\{012\}$.

Spaltbarkeit nach $\{11\bar{1}\}$ und $\{11\bar{3}\}$ vollkommen, nach $\{111\}$, $\{101\}$ und $\{012\}$ weniger vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $76\frac{1}{2}^\circ$ im stumpfen Winkel $\beta$; $2E = 90^\circ 42'$ rot, $90^\circ 0'$ gelb, $89^\circ 38'$ grün, $89^\circ 16'$ blau.

33) Stortenbeker, Zeitschr. f. phys. Chem. 1895, **17**, 643. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 172.

34) E. Wiedemann, Wiedemanns Ann. d. Phys. 1882, **17**, 561. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 633.

35) Uhlenhuth (Mess. v. Luedecke), Ann. d. Chemie 1900, **311**, 127 (s. auch **307**, 332). Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 634.

36) Carlgren u. Cleve (Mess. v. Johansson), Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1892, **1**, 71. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 372.

### Calciumchromat-Monohydrat = $CrO_4Ca.H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6296:1:0,6404$ Foullon[37]).

Foullon erhielt das Salz beim Verdunsten einer Lösung zwischen 22° und 25° in kurzprismatischen Krystallen mit den vorherrschenden Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, ferner $n\{120\}$, $s\{201\}$, $o\{111\}$, $p\{331\}$, $i\{112\}$, $x\{121\}$; an den Enden herrscht entweder $o$ oder $p$ vor. Wyrouboff[38]), welcher die Krystalle auch bei anderen Temperaturen erhielt, beobachtete die gleichen Formen außer $p$, dafür aber $r\{101\}$; vorherrschend war $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Foullon: | Beobachtet: Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $n:b = (120):(010)$ | $= 38°27\frac{1}{2}'$ | 38°59′ | 38°35′ |
| $r:a = (101):(100)$ | $= 44\ 31$ | — | (44 56 ber.) |
| $s:a = (201):(100)$ | $= 26\ 11$ | 25 16 | 26 11 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 48\ 22$ | 48 17 | 47 38 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ | = — | *81 10 | 80 30 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | = — | *79 31 | — |
| $p:b = (331):(010)$ | $= 59\ 6\frac{1}{2}$ | 59 6 | — |
| $i:o = (112):(111)$ | $= 19\ 14$ | 19 16 | — |
| $i:i = (112):(1\bar{1}2)$ | $= 31\ 52$ | 31 49 | 31 20 |
| $i:i' = (112):(\bar{1}12)$ | $= 51\ 41\frac{1}{2}$ | 51 43 | — |
| $i:o' = (112):(\bar{1}11)$ | $= 67\ 51$ | 67 37 | — |
| $i:s = (112):(201)$ | $= 39\ 42$ | 39 35 | — |
| $x:b = (121):(010)$ | $= 48\ 5$ | 48 17 | 48 0 |
| $x:x' = (121):(\bar{1}21)$ | $= 64\ 5\frac{1}{2}$ | 64 14 | 64 0 |
| $x:x_{,} = (121):(12\bar{1})$ | $= 62\ 53$ | — | — |
| $x:s = (121):(201)$ | $= 45\ 4$ | — | — |

Dunkel orangerot. Doppelbrechung stark; Axenebene $a\{100\}$, Axenwinkel ca. 90°.

### Cadmiumsulfat-Monohydrat = $SO_4Cd.H_2O$.

Spec. Gew. 3,786 Wyrouboff[39]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0976:1:1,7180$; $\beta = 90°13'$ Wyrouboff[39]).

Eine Lösung mit der doppelten Menge freier Schwefelsäure liefert bei 30° bis 40° nach Wyrouboff spitzpyramidale Combinationen von $n\{210\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ mit $c\{001\}$ und $a\{100\}$; bei noch größerem Säureüberschusse im Vacuum bei gewöhnlicher Temperatur entstandene Krystalle zeigen außerdem noch $o\{111\}$ und $q\{012\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ | = — | *89°47′ |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0)$ | $= 57°32'$ | 57 35 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = — | *85 28 |
| $o:c = (111):(001)$ | = — | *66 36 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | $= 85\ 38$ | 85 24 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001)$ | $= 66\ 51$ | 66 50 |
| $q:c = (012):(001)$ | $= 40\ 19$ | 40 39 |
| $q:n = (012):(210)$ | $= 71\ 36$ | 71 30 |
| $q:a = (012):(100)$ | $= 89\ 43$ | — |

37) H. von Foullon, Jahrb. d. geol. Reichsanst. Wien 1890, **40**, 421. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 390.

38) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 203, 327. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 207.

39) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1888, **11**, 275. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 521.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet 75° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$, stark dispergiert; $2H = 65°30'$, $\varrho > v$.

### Calciumsulfat-Dihydrat (Gyps) = $SO_4Ca.2H_2O$.

Spec. Gew. 2,32 Pettersson[40]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6895:1:0,4132$; $\beta = 98°58'$ Beckenkamp (nat. Kryst.).

Die Ausscheidung von Calciumsulfat als Gyps findet nicht nur in reiner wässeriger Lösung statt, sondern nach Vater[41]) auch in einer mit $NaCl$ gesättigten Lösung und in gesättigter $MgCl_2$-Lösung bei gewöhnlicher Temperatur (bei über 40° bildet sich $SO_4Ca.\frac{1}{2}H_2O$); die aus solchen Lösungen entstandenen Krystalle zeigen die Combination $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$ und sind zuweilen Zwillinge nach $a\{100\}$; die Krystalle aus $MgCl_2$-Lösung sind noch mehr prismatisch nach der $c$-Axe, als die aus $NaCl$-Lösung. Die in den Salzlösungen der Salinen sich absetzenden Krystalle zeigen die gleichen Formen und sind gewöhnlich Zwillinge nach $a\{100\}$, deren freies Ende den einspringenden Winkel $o:\underline{o}$ zeigt. Als Kesselsteinbildung beobachtete Lacroix[42]) Krystalle der Combination: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $v\{11\bar{3}\}$ in Zwillingen nach $r\{101\}$. Nach demselben Gesetze verwachsene Tafeln nach $r\{101\}$, begrenzt von $b\{010\}$ und $m\{110\}$, erhielt Sénarmont[43]) als Absatz in einem Wasserbade. Über die Aufnahme fremder Farbstoffe in mikroskopische Gypskrystalle der Combination $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$ liegen ausführliche Untersuchungen vor von Maschke, mitgeteilt von Vater[44]).

Die natürlichen Krystalle zeigen teils die Combination: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, zuweilen mit $\omega\{11\bar{1}\}$, meist prismatisch nach der $c$-Axe und in Zwillingen nach $a\{100\}$, — teils (die in körnigen Gyps und in Thon eingewachsenen Krystalle) die linsenförmige Combination $w\{113\}$, $o\{111\}$, $c\{001\}$ u. a. Formen mit Zwillingsbildung nach $r\{101\}$. Krystalle der letzteren Art bilden sich auch in den Salzgärten bei der Verdunstung des Meereswassers.

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ höchst vollkommen, nach $\omega\{11\bar{1}\}$ ziemlich vollkommen (Faserbruch), nach $a\{100\}$ deutlich.

Die Elasticitätsverhältnisse der natürlichen Krystalle wurden von Coromilas, die Verwitterungsfiguren besonders von Sohncke untersucht.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 75°15' im stumpfen Winkel $\beta$; der Axenwinkel hat nach Lang bei $D$ ein Maximum, und auch die Dispersion der Mittellinien ist anomal. Optische Constanten, auf 19° reduciert, nach Dufet:

| | $\lambda$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ beob. | $2V$ ber. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $Li$: | $0,^{\mu}6705$ | 1,51770 | 1,51977 | 1,52672 | 57°26⅔' | 57°28' |
| $C$: | 0, 6562 | 1,51812 | 1,52021 | 1,52717 | 57 36⅘ | 57 39 |
| $D$: | 0, 5892 | 1,52046 | 1,52260 | 1,52962 | 58 5 | 58 1½ |
| $Tl$: | 0, 5349 | 1,52295 | 1,52510 | 1,53218 | 57 58½ | 57 56 |
| $F$: | 0, 4861 | 1,52592 | 1,52805 | 1,53524 | 57 23 | 57 20½ |
| $\gamma$: | 0, 4340 | 1,53034 | 1,53238 | 1,53982 | — | — |

40) Pettersson, Nova Acta Upsal. 1874.

41) Vater, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1900, 269. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 299.

42) Lacroix, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 515. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 281.

43) Sénarmont s. Des Cloizeaux, Bull. soc. fr. min. 1886, **9**, 176. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 272.

44) Maschke u. Vater, Zeitschr. f. Krystall. 1900, **33**, 57.

Die Brechungsindices ändern sich mit der Temperatur so stark, daß die Axenebene bei ca. 100° (bei der niedrigsten Temperatur für Blau) ⊥ *b*{010}.

Die thermischen Ausdehnungscoëfficienten bestimmte Beckenkamp.

Die Verwitterungsfiguren untersuchte Sohncke.

## Calciumchromat-Dihydrat = $CrO_4Ca.2H_2O$.

### Monokline Modification.

Diese Modification scheidet sich nach Mylius und Wrochem[4]) bei Zimmertemperatur aus übersättigten Lösungen in kleinen hellgelben Prismen, häufig Zwillingen, aus, welche nach Fock mit Gyps isomorph sind und an der Luft verwittern. Mit einer Beimischung von 1,33% Gyps und dadurch etwas stabiler erhielt sie Foullon[37]) und beobachtete die Formen: *b*{010}, *m*{110}, *μ*{230}, *λ*{310}, *n*{120}, *l*{210}, als Endflächen: *o*{111}, *x*{131}, *y*{141}, *r*{101}; häufig Zwillinge nach *a*{100}; Ausbildung sehr ähnlich derjenigen der Gypskrystalle. Die Flächenbeschaffenheit genügte nicht, um eigene Elemente zu berechnen.

| | Berechnet für Gyps: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *b* : *m* = (010) : (110) | = 55° 45′ | 55° 35′ |
| *b* : *l* = (010) : (210) | = 72 12 | 71 15 |
| *l* : *n* = (210) : (120) | = 34 54 | 35 23 |
| *m* : *λ* = (110) : (310) | = 21 28 | 22 0 |
| *b* : *μ* = (010) : (230) | = 44 24 | 45 0 |
| *b* : *o* = (010) : (111) | = 71 45 | 71 15 |
| *b* : *y* = (010) : (141) | = 37 10 | 37 17 ca. |

### Rhombische Modification.

Fig. 657.

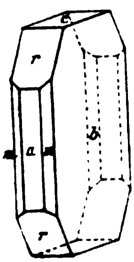
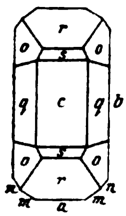



Fig. 658.




Rhombisch bipyramidal.

*a* : *b* : *c* = 0,6942 : 1 : 0,7388 Fock[45]).

Diese mehr orangegelb gefärbte Modification wurde bereits von Foullon[37]) beobachtet, aber nicht in meßbaren Krystallen erhalten. Nach Mylius und Wrochem[4]) bildet sie sich bei wochenlangem Stehen der Lösung in großen tafelförmigen Krystallen, deren gewöhnliche Combination in Fig. 657 dargestellt ist: *b*{010}, *r*{101}, *c*{001}, *a*{100}, *m*{110}; seltener wurden noch beobachtet: *q*{0.11.4}, *o*{223}, *s*{103} und *n*{120} (Fig. 658).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *m* : *m* = (110) : (1$\bar{1}$0) | = — | *69° 32′ |
| *c* : *r* = (001) : (101) | = — | *46 47 |
| *c* : *s* = (001) : (103) | = 19° 32′ | 19 30 |
| *a* : *n* = (100) : (120) | = 54 14 | 54 20 |
| *c* : *q* = (001) : (0.11.4) | = 63 48 | 63 50 |
| *c* : *o* = (001) : (223) | = 40 49 | 40 56 |
| *a* : *o* = (100) : (223) | = 57 31½ | 57 23 |
| *o* : *o* = (223) : (2$\bar{2}$3) | = 43 46 | 43 35 |
| *m* : *r* = (110) : (101) | = 53 13½ | 53 6 |
| *n* : *r* = (120) : (101) | = 64 47 | 64 52 |

45) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1900, 32, 250.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:s = (110):(103)$ | $= 74° \; 3'$ | 73°59' |
| $n:s = (120):(103)$ | $= 78 \; 44$ | 78 49 |
| $m:q = (110):(0.11.4)$ | $= 59 \; 16$ | 59 9 |
| $n:q = (120):(0.11.4)$ | $= 43 \; 17$ | — |
| $m:o = (110):(223)$ | $= 49 \; 11$ | 49 4 |
| $m:o = (1\bar{1}0):(223)$ | $= 76 \; 47$ | 76 52 |
| $n:o = (120):(223)$ | $= 51 \; 57\frac{1}{2}$ | 52 0 |
| $n:o = (1\bar{2}0):(223)$ | $= 89 \; 21$ | 89 24 |
| $r:o = (101):(223)$ | $= 24 \; 31$ | 24 27 |
| $s:o = (103):(223)$ | $= 26 \; 46\frac{1}{2}$ | 26 45 |
| $r:q = (101):(0.11.4)$ | $= 72 \; 24$ | 72 8 |
| $s:q = (103):(0.11.4)$ | $= 65 \; 25$ | 65 10 |
| $o:q = (223):(0.11.4)$ | $= 48 \; 3$ | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; Winkel der optischen Axen sehr groß, die Axenbilder erscheinen am äußersten Rande des Gesichtsfeldes.

### Manganoselenat-Dihydrat = $SeO_4Mn.2H_2O$.

Spec. Gew. 2,949 Topsøe[46]).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,9959:1:0,8849 \text{ Topsøe}^{46)}.$$

Topsøe erhielt das Salz aus der Lösung bei 50°—60° in dick tafelförmigen Combinationen von $b\{010\}$ und $o\{111\}$ mit schmalen Flächen von $r\{101\}$ und $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = — | *66°58' |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ | = — | *67 17 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | $= 77° \; 8'$ | 77 26 |
| $r:a = (101):(100)$ | $= 48 \; 30$ | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; stumpfer Axenwinkel in Öl $139\frac{1}{2}°$, $\gamma - \beta = 0,0123$ für $Na$ (Topsøe und Christiansen[47])).

### Cadmiumselenat-Dihydrat = $SeO_4Cd.2H_2O$.

Spec. Gew. 3,632 Topsøe[46]).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,9753:1:0,8764 \text{ Topsøe}^{46)}.$$

Dargestellt von K. v. Hauer[6]) (l. c. 306) durch Krystallisation bei gewöhnlicher Temperatur. Beobachtete Formen nach Topsøe: $b\{010\}$, $o\{111\}$ und untergeordnet $s\{201\}$; dick tafelförmig nach $b$. Außerdem existieren Messungen eines Cleveschen Präparates von Carlson[48]).

---

46) Topsøe, Kryst.-kem. Undersøg. o. d. selens. Salte, Dissert. Kopenhagen 1870, 19.

47) Topsøe u. Christiansen, Vid. Selsk. Skr. Kopenhagen 1873, (5) **9**, 703. Ann. chim. phys. 1874, (5) **1**, 63. Poggendorffs Ann. d. Phys. Erg.-Bd. **6**, 551.

48) Sv. Carlson, Kristallografiska Bidrag. Dissert. Univ. Upsala. Stockholm 1872, 15.

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Carlson: |
|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *66° 12′ | 66° 52′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 68° 6′ | 67 55 | 67 46 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 77 7 | 76 26 | 76 20 |
| $s:s_{,} = (201):(20\bar{1}) =$ | — | *58 11 | — |
| $o:s = (111):(201) =$ | 37 36 | 37 41 | — |
| $o:s_{,} = (111):(20\bar{1}) =$ | 79 16 | 79 12 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; stumpfer Axenwinkel in Öl 131°; $\gamma - \beta = 0,0089$ (Topsøe und Christiansen[47]).

## Cadmiumsulfat-$\frac{8}{3}$-Hydrat = $SO_4Cd.\frac{8}{3}H_2O$.

Spec. Gew. 3,05 Boedeker[49]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7992:1:0,6900; \quad \beta = 117°58'$ Rammelsberg[50]).

Kopp[51]) hat zuerst das Salz annähernd gemessen und die Formen $c\{001\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $k\{021\}$, sehr untergeordnet $\varrho\{10\bar{1}\}$, beobachtet. Die von Rammelsberg[50]) untersuchten Krystalle zeigten die Formen $c\{001\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $k\{021\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und waren tafelig nach $c$ und öfters noch verlängert nach der Axe $a$. Sénarmont[52]) beobachtete, bezogen auf die hier angenommene Aufstellung, ebenfalls nach $c$ tafelige Krystalle mit den Formen $c\{001\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $k\{021\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $n\{130\}$, $\xi\{24\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Sénarmont: | Kopp: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 26′ | 70° 20′ | 71° 0′ |
| $b:n = (010):(130) =$ | 25° 17′ | — | 25 32 | — |
| $c:k = (001):(021) =$ | — | *50 38 | 51 3 | 50 45 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 64 24 | 64 12 | 63 34 | 63 19 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *67 28 | 68 44 | 69 10 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 58 37 | 58 36 | 58 16 | — |
| $c:o = (001):(111) =$ | 34 48 | — | 35 22 | — |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | 52 1 | — | 51 58 | — |
| $\varrho:k = (10\bar{1}):(021) =$ | 67 1 | — | 67 15 | — |
| $\omega:\xi = (11\bar{1}):(24\bar{1}) =$ | 33 3 | — | 32 52 | — |
| $\omega:n = (11\bar{1}):(130) =$ | 50 46 | — | 50 32 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen (Sénarmont).

Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen $\perp b\{010\}$ und gegen die Axe $c$ im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt unter 76°14′ für rotes und unter 77°3′ für blaues Licht; 1. Mittellinie Axe $b$.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $2V =$ | 87°57′ rot | 88°9′ gelb | 88°23′ blau |
| $\beta =$ | 1,563 » | 1,565 » | 1,576 » |

(Des Cloizeaux[52]).

49) Boedeker, Die Beziehungen zwischen Dichte und Zusammensetzung der festen und liquiden Stoffe, Leipzig 1860.

50) Rammelsberg, Krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 103.

51) Kopp, Einleitung in die Krystallographie, Braunschweig 1849, 306.

52) Des Cloizeaux (mit krystallographischen Angaben von Sénarmont), Nouv. Rech. 170 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, 18, 680).

### Kupfersulfat-Trihydrat = $SO_4Cu.3H_2O$.

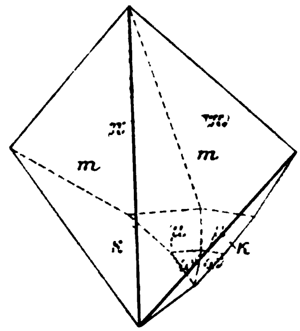
Monoklin domatisch.

$a:b:c = 0{,}4321:1:0{,}5523$; $\beta = 96°25'$ Scacchi[53]).

Die Krystalle waren aus stark schwefelsaurer Lösung erhalten und zeigten als gewöhnlichste Combination vorherrschend die Formen $m\{110\}$, $x\{02\bar{1}\}$, $\pi\{\bar{1}11\}$ mit untergeordnetem $\mu\{\bar{1}10\}$, $\omega\{\bar{1}1\bar{1}\}$ (Fig. 659), selten noch mit sehr kleinen Flächen von $b\{010\}$, $c\{001\}$, $k\{021\}$. Auch Zwillinge nach $a\{100\}$ wurden beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega:\omega = (\bar{1}1\bar{1}):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ = | 35° 26′ | — |
| $\pi:\pi = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$ = | — | *39° 24′ |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *46 28 |
| $k:x = (021):(02\bar{1})$ = | 84 40 | — |
| $k:m = (021):(110)$ = | 68 52 | — |
| $\pi:\mu = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}0)$ = | — | *58 18 |
| $\pi:\mu = (\bar{1}11):(\bar{1}10)$ = | 37 42 | — |
| $\pi:x = (\bar{1}11):(02\bar{1})$ = | 96 1 | — |
| $k:\mu = (021):(\bar{1}10)$ = | 77 9 | — |
| $\mu:\omega = (\bar{1}10):(1\bar{1}1)$ = | 33 38 | — |
| $= (111):(021)$ = | 48 1 | — |
| $= (1\bar{1}1):(021)$ = | 78 18 | — |
| $= (\bar{1}11):(111)$ = | 96 34 | — |

Fig. 659.



Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ deutlich.

### Berylliumsulfat-Tetrahydrat = $SO_4Be.4H_2O$.

Spec. Gew. 1,725 Topsøe[54]).

Tetragonal. $a:c = 1:0{,}9461$ Topsøe[54]).

Das zuerst von Andejew[55]) annähernd gemessene Salz krystallisiert nach Topsøe in schönen wasserhellen Bipyramiden $r\{101\}$, deren Basisecken durch die meist gekrümmten Flächen von $m\{110\}$ abgestumpft sind; häufig Zwillinge nach $r\{101\}$. Dieselbe Combination beobachtete Nordenskiöld[56]) an einem Präparate von Berzelius. Wulff[57]) erhielt durch langsame Verdunstung der wässerigen Lösung Krystalle, an denen $m\{110\}$ zuweilen fehlte und deren

Fig. 660.

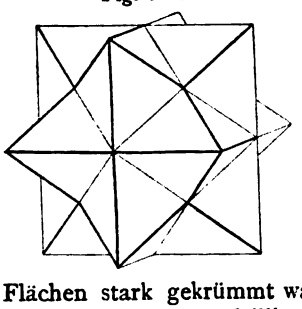


Fig. 661.

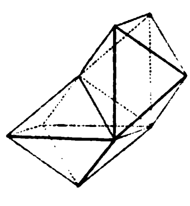
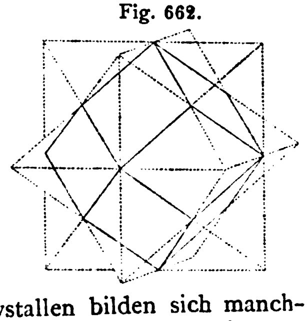


Fig. 662.



Flächen stark gekrümmt waren; neben einfachen Krystallen bilden sich manchmal Durchkreuzungsdrillinge (Fig. 660), deren Zwillingsebene, wie aus Fig. 661

53) A. Scacchi, Rend. d. R. Accad. d. Sc. fis. e mat. Napoli 1870, **9**, 84.

54) Topsøe, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1872, **66** (II), 5.

55) Andejew, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1842, **56**, 113.

56) Nordenskiöld, Bihang t. Sv. Vet.-Akad. Handl. Stockholm 1874, **2**, Nr. 2, 8.

57) Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1890, **17**, 592.

hervorgeht, $r\{101\}$ ist; ein solches Gebilde ist pseudokubisch, da die Gesamtheit der drei Krystalle nahezu den Ebenen des Rhombendodekaëders entspricht (vgl. Fig. 662).

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Nordenskiöld: | Andejew: |
|---|---|---|---|---|
| $r:r_{,} = (101):(10\bar{1})$ | — | *93° 10½′ | 93° 1′ | — |
| $r:r = (101):(011)$ | 58° 9′ | 58 9½ | 58 7 | 58° ca. |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[47]) (l. c. 670) und Wulff:

| | T. u. Chr.: | Wulff: | T. u. Chr.: | Wulff: |
|---|---|---|---|---|
| für $C$: | $\omega$ = 1,4691 | 1,4686 | $\varepsilon$ = 1,4374 | 1,4299 |
| » $D$: | 1,4720 | 1,4714 | 1,4395 | 1,4322 |
| » $F$: | 1,4779 | 1,4769 | 1,4450 | 1,4367 |

Nach Wulff zeigen basische Schliffe z. T. erhebliche optische Anomalien infolge eingelagerter Zwillingslamellen nach $r\{101\}$.

### Berylliumselenat-Tetrahydrat = $SeO_4Be . 4H_2O$.

Spec. Gew. 2,029 Topsøe[54]).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,9602:1:0,9028 \text{ Topsøe}$$ [54]).

Combination: $r\{101\}$, $q\{011\}$, nach ersterer Form, deren Flächen gewöhnlich gekrümmt sind, prismatisch verlängert; ferner sehr schmal $c\{001\}$, seltener und stets untergeordnet $s\{201\}$ und $o\{111\}$. Durchkreuzungszwillinge nach $\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (101):(10\bar{1})$ | — | *93° 32′ |
| $q:q_{,} = (011):(01\bar{1})$ | — | *95 51 |
| $r:q = (101):(011)$ | 57° 16′ | 57 13 |
| $s:r = (201):(101)$ | 18 46 | 18 54 |
| $o:r = (111):(101)$ | 34 55 | 34 30 ca. |
| $o:q = (111):(011)$ | 33 20 | — |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | 75 0 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $a\{100\}$, Axe $c$ 1. Mittellinie, $2V = 26°43'$, $2E = 40°34'$ ($Na$). Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[47]):

| | | | |
|---|---|---|---|
| für $C$: | $\alpha$ = 1,4992 | $\beta$ = 1,4973 | $\gamma$ = 1,4637 |
| » $D$: | 1,5027 | 1,5007 | 1,4664 |
| » $F$: | 1,5101 | 1,5084 | 1,4725 |

### Isomorphe Mischungen von $SO_4Be . 4H_2O$ und $SeO_4Be . 4H_2O$.

a. Tetragonal.

Topsøe[54]) (l. c. 10) erhielt tetragonale Krystalle von der Form des Sulfates nur bis zu einem Gehalte von 0,12 $Se$ auf 0,88 $S$. Diese ergaben:

$$r:r_{,} = (101):(10\bar{1}) = 92°58'—93°9'$$
$$r:r = (101):(011) = 58°18'$$

und waren optisch normal einaxig negativ.

b. Rhombisch.

Aus einer Lösung gleicher Mol. beider Salze entstehen nach Topsøe (l. c. 5) Mischkrystalle der beim Selenate gewöhnlichen Combination $r\{101\}$, $q\{011\}$ mit 0,40 $Se$ auf 0,60 $S$, welche im Mittel ergaben:

| | | |
|---|---|---|
| $r : r_{,}$ | $= (101) : (10\bar{1})$ | $= 93^{\circ} 36'$ |
| $q : q_{,}$ | $= (011) : (01\bar{1})$ | $= 95\ 27$ |
| $r : q$ | $= (101) : (011)$ | $= 57\ 29$ |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $a\{100\}$, Axe $c$ 1. Mittellinie, $2V = 26^{\circ} 6'$, $2E = 38^{\circ} 44'$ (bei $110^{\circ} = 37^{\circ} 56'$).

### Magnesiumsulfat-Tetrahydrat = $SO_4Mg . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}450 : 1 : ?;\quad \beta = 90^{\circ} 11'$ Wyrouboff[58]).

Beim Verdunsten einer mit Schwefelsäure versetzten Lösung von Magnesiumsulfat bei 40°—50° bilden sich nach dem Absatze wasserreicherer Hydrate kurze Prismen des Tetrahydrates, welche nur die Formen $m\{110\}$, $n\{120\}$ und $c\{001\}$ zeigen und wegen ihrer raschen Verwitterung nur angenäherte Messungen gestatten.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m : m$ | $= (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *48° 40′ |
| $n : n$ | $= (120) : (1\bar{2}0) =$ | 83° 58′ | 83 20 |
| $m : c$ | $= (110) : (001) =$ | — | *89 50 |

Doppelbrechung positiv; Axenebenen $\perp b\{010\}$, stark dispergiert, bilden 81° ca. mit Axe $c$ im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie Axe $b$; $2H_a = 50\frac{1}{2}^{\circ}$, $\varrho > v$.

### Manganosulfat-Tetrahydrat = $SO_4Mn . 4H_2O$.

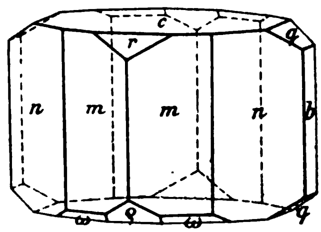
Spec. Gew. 2,261 Topsøe[59]).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}4321 : 1 : 0{,}5820;$

$\beta = 90^{\circ} 53'$ Marignac[60]).

Fig. 663.




Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ Fig. 663. Die an der Luft verwitternden roten Krystalle entstehen nach Marignac beim Verdunsten einer Lösung bei 30°—40°. Vorherrschend ausgebildet sind $c$, $m$ und $n$; $q$, $r$ und $\varrho$ nur untergeordnet; $r$ und besonders $\varrho$ sind seltener. $\omega$ und $b$ wurden von Sénarmont[61]) beobachtet.

| | | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Sénarmont: |
|---|---|---|---|---|
| $m : m$ | $= (110) : (1\bar{1}0) =$ | 46° 44′ | 46° 43′ | 46° 58′ |
| $n : n$ | $= (120) : (1\bar{2}0) =$ | — | *81 40 | 81 40 |
| $q : q$ | $= (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *60 24 | 60 50 |
| $\omega : \omega$ | $= (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 38 31 | — | — |
| $c : r$ | $= (001) : (101) =$ | 52 51 | 52 49 | — |
| $c : \varrho'$ | $= (001) : (\bar{1}01) =$ | 53 58 | 54 ca. | 53 30 |
| $c : m$ | $= (001) : (110) =$ | — | *89 12 | — |
| $c : n$ | $= (001) : (120) =$ | 89 19 | 89 17 | 89 20 |
| $m : q$ | $= (110) : (011) =$ | 77 47 | 77 42 | — |
| $m : {}'q$ | $= (110) : (0\bar{1}1) =$ | 79 12 | 79 15 | — |
| $n : q$ | $= (120) : (011) =$ | 70 11 | 70 15 | — |
| $n : {}'q$ | $= (120) : (0\bar{1}1) =$ | 71 25 | 71 25 | — |
| $n : \omega$ | $= (120) : (11\bar{1}) =$ | — | — | 33 30 |

58) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 75 u. 369. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 273.
59) Topsøe, Bibl. Univ. Arch. d. sc. phys. nat. Genève 1872, (2) **45**, 223.
60) Ch. de Marignac, Arch. sc. phys. nat. Genève 1855, (1) **14**, 234. Oeuvres **1**, 381.
61) H. de Sénarmont in Rammelsberg, Krystallogr. Chemie, Suppl. 1857, 40.

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$.

Doppelbrechung negativ; Ebenen der optischen Axen, senkrecht zu $b\{010\}$, bilden mit der Axe $c$ 85° 48′ für Rot, 84° 8′ für Blau im stumpfen Winkel $\beta$, also starke horizontale Dispersion. $2E = 105° 58'$ rot, 105° 45′ gelb, 104° 43′ blau (Des Cloizeaux[62])).

### Ferrosulfat-Tetrahydrat = $SO_4Fe.4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}4373:1:0{,}5833;\quad \beta = 91°5'$$ Marignac[63]).

Krystallisiert nach Marignac aus einer mit Schwefelsäure versetzten Lösung von Ferrosulfat beim allmählichen Verdunsten, wobei sich zuerst $SO_4Fe.7H_2O$, dann $SO_4Fe.5H_2O$ und schließlich $SO_4Fe.4H_2O$ bildet. Nach Regnault entsteht das Salz auch aus einer wässerigen Lösung von Ferrosulfat bei 80°. Marignac beobachtete die Combination: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$, $u\{021\}$ (wie Fig. 662, jedoch ohne $\varrho$ und $\omega$). Kurzprismatisch; $q$ und $c$ sind sehr stark gestreift; $u$ nur selten beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = 47° 14′ | 47° 0′ |
| $n:n = (120):(1\bar{2}0)$ | = — | *82 20 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | = — | *60 30 |
| $c:r = (001):(101)$ | = 52 27 | 52 ca. |
| $c:m = (001):(110)$ | = — | *89 ca. |
| $c:n = (001):(120)$ | = 89 11 | 89°—90° |
| $c:u = (001):(021)$ | = 49 24 | 49 —50 |
| $m:q = (110):(011)$ | = 77 28 | 78 ca. |
| $m:{}'q = (110):(0\bar{1}1)$ | = 79 14 | 78°—80° |
| $n:q = (120):(011)$ | = 69 53 | 69 —70 |
| $n:{}'q = (120):(0\bar{1}1)$ | = 71 23 | 70 —71 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen. Farbe blaßgrün.

### Magnesiumsulfat-Pentahydrat = $SO_4Mg.5H_2O$.

Spec. Gew. 1,718 Wyrouboff[64]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6021:1:0{,}5605$$ Wyrouboff[64]).

$$\alpha = 81°30',\quad \beta = 109°0',\quad \gamma = 104°55'.$$

Das Salz krystallisiert nach Wyrouboff aus der mit Schwefelsäure versetzten Lösung von Bittersalz in geringer Menge neben dem Tetra- und Hexahydrate. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $\xi\{1\bar{2}\bar{1}\}$, $x\{0\bar{1}1\}$. Vgl. Fig. 668 (Kupfervitriol). Die Krystalle sind immer verlängert nach der Verticalaxe, mit vorherrschendem $a$ und $\omega$; $x$ ist selten. Sie bedecken sich an der Luft rasch mit kleinen Krystallen des gewöhnlichen Hydrates und sind daher nur approximativ meßbar.

62) Des Cloizeaux, Nouv. Recherches 175 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, **18**, 685).

63) Ch. de Marignac, Annales des mines 1856, (5) **9**, 11. Oeuvres **1**, 440.

64) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 371. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 272.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *77° 4′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 72° 30′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 94 1 | — |
| $m:a = (110):(100) =$ | 26 27 | 26 19 |
| $m:\mu' = (110):(1\bar{1}0) =$ | 59 16 | — |
| $b:\mu = (010):(\bar{1}10) =$ | — | *70 7 |
| $b:q = (010):(011) =$ | 64 22 | 64 10 |
| $q:\varkappa = (011):(0\bar{1}1) =$ | 57 29 | 58 ca. |
| $b:\xi' = (010):(\bar{1}21) =$ | 53 50 | — |
| $b:\omega' = (010):(\bar{1}11) =$ | — | *76 40 |
| $a:q = (100):(011) =$ | — | *68 20 |
| $a:\omega = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *62 40 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.
Doppelbrechung negativ; erste Mittellinie senkrecht zu einer Ebene, welche wenig von (010) abweicht; $2V = 45°8'$, $\varrho < v$; $\beta = 1,491$.

### Magnesiumchromat-Pentahydrat = $CrO_4Mg.5H_2O$.

Spec. Gew. 1,954 Wyrouboff[65]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,5883:1:0,5348 \text{ Wyrouboff}^{65)}.$$
$$\alpha = 82°43', \quad \beta = 108°14', \quad \gamma = 103°51'.$$

Von Wyrouboff erhalten aus Lösungen über 30°. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $t\{021\}$. Ziemlich große kurze Prismen; Zone parallel der $c$-Axe ist mehr oder weniger gestreift, die übrigen Flächen gekrümmt. Fig. 668 vom Kupfervitriol, jedoch ohne $\sigma$ und $\xi$, stellt ungefähr die Ausbildung dar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *77° 42′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 72° 58′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 93 10 | — |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | 58 19 | 58 30 |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *32 0 |
| $b:q = (010):(011) =$ | — | *64 10 |
| $b:t = (010):(021) =$ | 45 12 | — |
| $a:q = (100):(011) =$ | — | *68 24 |
| $a:\omega = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *62 0 |

Keine deutliche Spaltbarkeit. Farbe gelb.

### Magnesiummolybdat-Pentahydrat = $MoO_4Mg.5H_2O$.

Spec. Gew. 2,208 Wyrouboff[65]) (l. c. 71 bzw. 272).

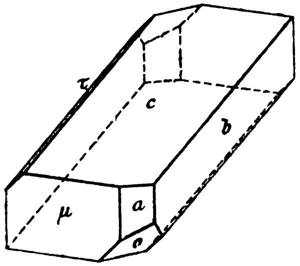
Triklin. $a:b:c = 0,5264:1:0,5732$ Wyrouboff[65]).
$$\alpha = 81°8', \quad \beta = 107°28', \quad \gamma = 99°17'.$$

Die bei über 30° sich bildenden Krystalle zeigen die Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $\tau\{0\bar{2}1\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $x\{22\bar{1}\}$ und sind tafelig nach $c$; von den übrigen Formen herrschen $\mu$ und $b$ vor. Sehr unregelmäßig ausgebildet;

65) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1889, 12, 69. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 20, 271.

häufig Zwillinge; Verwachsungsebene ist {0$\bar{2}$1}, die Zwillingsebene darauf senkrecht; meist wiederholt sich die Zwillingsbildung. Fig. 664 zeigt die gewöhnliche Ausbildungsweise der Krystalle.

Fig. 664.



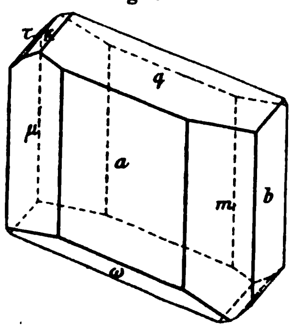

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | = (100) : (010) = | 81° 59′ | — |
| $b':\mu$ | = (0$\bar{1}$0) : (1$\bar{1}$0) = | — | *68° 50′ |
| $b:c$ | = (010) : (001) = | — | *96 10 |
| $c:\tau$ | = (001) : (0$\bar{2}$1) = | — | *44 30 |
| $a:c$ | = (100) : (001) = | 73 37 | — |
| $c:\mu$ | = (001) : (1$\bar{1}$0) = | — | *71 30 |
| $\tau:\mu$ | = (0$\bar{2}$1) : (1$\bar{1}$0) = | 62 18 | 62 30 |
| $c:o'$ | = (001) : ($\bar{1}\bar{1}$1) = | 59 10 | — |
| $c:x'$ | = (001) : ($\bar{2}\bar{2}$1) = | 78 44 | — |
| $\mu:o$ | = (1$\bar{1}$0) : (11$\bar{1}$) = | — | 72 25 |
| $b:\underline{b}$ | = (010) : ($\underline{0\bar{1}0}$) = | 67 24 | 68 ca. |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Manganosulfat-Pentahydrat (Manganvitriol) = $SO_4Mn.5H_2O$.

Spec. Gew. 2,099—9,107 Pettersson[40]), 2,103 Thorpe und Watts[66]).
Triklin pinakoidal.

Fig. 665.




$a:b:c = 0{,}5893:1:0{,}5691$ Marignac[67]).
$\alpha = 81°37'$, $\beta = 110°5'$, $\gamma = 104°59'$.

Beobachtete Formen: $a${100}, $m${110}, $\mu${1$\bar{1}$0}, $b${010}, $q${011}, $\omega${1$\bar{1}\bar{1}$}, $x${0$\bar{1}$1}, $\tau${0$\bar{2}$1}, $y${051}. Die beim Verdunsten der Lösung bei gewöhnlicher Temperatur sich bildenden Krystalle sind nach Marignac nadelig oder blätterig nach $a$; meist nur die der $c$-Axe parallele Zone ausgebildet, ohne deutliche Endflächen. Unter den letzteren herrschen $q$ und $\omega$ vor, daneben manchmal noch $\tau$; selten und untergeordnet sind $x$ und $y$. Die Krystalle verwittern rasch. Fig. 665 zeigt alle Formen außer $y$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | = (100) : (010) = | 77° 2′ | 76° 50′ |
| $a:c$ | = (100) : (001) = | 71 21 | — |
| $b:c$ | = (010) : (001) = | 93 36 | — |
| $a:m$ | = (100) : (110) = | — | *25 52 |
| $m:\mu$ | = (110) : (1$\bar{1}$0) = | — | *57 50 |
| $b:q$ | = (010) : (011) = | — | *63 50 |
| $b:y$ | = (010) : (051) = | 20 8 | 22 ca. |
| $q:x$ | = (011) : (0$\bar{1}$1) = | 57 53 | 59 ca. |
| $q:\tau$ | = (011) : (0$\bar{2}$1) = | 75 43 | 75 35 |
| $b:\omega'$ | = (010) : ($\bar{1}$11) = | 76 35 | 76 48 |
| $a:q$ | = (100) : (011) = | 66 28 | 66 20 |
| $a:y$ | = (100) : (051) = | 81 43 | — |

66) Thorpe u. Watts, Journ. Chem. Soc. London 87, 402.

67) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, 14, 235. Oeuvres 1, 382. Die Elemente neu berechnet von Goßner.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:\varkappa = (100):(0\bar{1}1) =$ | 80° 24′ | — |
| $a:\tau = (100):(0\bar{2}1) =$ | 87 21 | 87° 45′ |
| $a:\omega = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *61 52 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 58 54 | 58 30 |
| $q:\mu = (011):(1\bar{1}0) =$ | — | *81 30 |
| $\omega:m = (1\bar{1}\bar{1}):(110) =$ | 74 10 | 74 15 |
| $\omega:\mu = (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 54 17 | 54 23 |
| $\tau:m = (0\bar{2}1):(110) =$ | 107 40 | 107 25 |
| $\tau:\mu = (0\bar{2}1):(1\bar{1}0) =$ | 62 43 | 62 42 |
| $y:m = (051):(110) =$ | 50 21 | — |

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ unvollkommen.

### Manganoselenat-Pentahydrat = $SeO_4Mn.5H_2O$.

Spec. Gew. 2,334 Topsøe[46].
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,5966:1:0,5786 \text{ Topsøe}^{46}).$$
$$\alpha = 81^\circ 3', \quad \beta = 109^\circ 35', \quad \gamma = 104^\circ 29'.$$

Dieses Hydrat bildet sich nach Mitscherlich[68]) aus Lösungen über 5°. Topsøe (l. c. 21) beobachtete die Formen: $a\{110\}$, $m\{100\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $t\{021\}$, $\tau\{0\bar{2}1\}$. Krystalle prismatisch nach der $c$-Axe oder tafelig nach $\{100\}$. Am häufigsten sind $a$, $m$ und $q$, die übrigen Flächen sind untergeordnet, $\tau$ fehlt oft. Combination ähnlich der des Sulfates (Fig. 665), wobei jedoch $\varkappa$ fehlt und die Kante $b:q = (010):(011)$ noch durch $t$ abgestumpft ist. Die verticalen Flächen sind meist stark gestreift.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 77° 45′ | 77° 37′ |
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *26 23 |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | 58 41 | 58 36 |
| $b:m = (010):(110) =$ | — | *51 22 |
| $b:t = (010):(021) =$ | 43 35 | 43 31 |
| $b:q = (010):(011) =$ | 64 6 | — |
| $b':\tau = (0\bar{1}0):(0\bar{2}1) =$ | 39 36 | 40 15 |
| $b:\omega' = (010):(\bar{1}11) =$ | 76 24 | — |
| $a:t = (100):(021) =$ | 67 42 | 67 37 |
| $a:q = (100):(011) =$ | 67 13 | 66 39 |
| $a:\omega = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 61 15 | 61 19 |
| $\omega:m = (1\bar{1}\bar{1}):(110) =$ | 73 53 | 74 7 |
| $\omega:\mu = (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 53 46 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *59 27 |
| $q:\mu = (011):(1\bar{1}0) =$ | 82 15 | — |
| $t:m = (021):(110) =$ | — | *50 45 |
| $t:\mu = (021):(1\bar{1}0) =$ | — | *91 48 |
| $t:\omega' = (021):(\bar{1}11) =$ | 55 22 | 55 23 |

### Ferrosulfat-Pentahydrat = $SO_4Fe.5H_2O$.

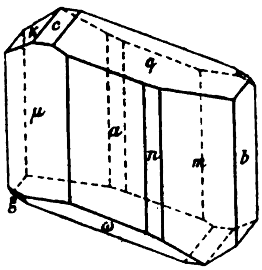
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,5962:1:0,5770 \text{ Marignac}^{63}).$$
$$\alpha = 81^\circ 23', \quad \beta = 110^\circ 28', \quad \gamma = 105^\circ 33'.$$

68) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Physik 1827, 11, 330. Ges. Schriften 242.

Bildet sich nach Marignac (l. c. 9 bezw. 439) beim Verdunsten einer mit Schwefelsäure versetzten Lösung von Eisenvitriol im Vacuum, nachdem sich zuerst $SO_4Fe.7H_2O$ abgeschieden hat. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{610\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $x\{0\bar{1}1\}$, $\xi\{1\bar{2}\bar{1}\}$. Krystalle mit vorherrschendem $\{100\}$; $c$, $x$ und $\xi$ sind immer sehr klein (Fig. 666).

Fig. 666.




| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 76° 32′ | 76° 30′ |
| $a:m$ | $= (100):(110) =$ | — | *25 52 |
| $m:\mu$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *58 8 |
| $a:n$ | $= (100):(610) =$ | 5 7 | 5 20 |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | 93 33 | 94 10 |
| $b:q$ | $= (010):(011) =$ | 63 27 | 63 40 |
| $q:x$ | $= (011):(0\bar{1}1) =$ | 58 31 | 58 0 |
| $b:\omega'$ | $= (010):(\bar{1}11) =$ | 76 37 | 77 8 |
| $b:\xi'$ | $= (010):(\bar{1}21) =$ | 53 35 | 53 30 |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 71 3 | 70 20 |
| $a:q$ | $= (100):(011) =$ | 65 55 | 65 40 |
| $a:x$ | $= (100):(0\bar{1}1) =$ | 80 29 | 80 18 |
| $q:\omega'$ | $= (011):(\bar{1}11) =$ | 51 55 | 51 50 |
| $q:\xi'$ | $= (011):(\bar{1}21) =$ | 46 25 | 46 4 |
| $q:m$ | $= (011):(110) =$ | — | *58 20 |
| $q:\mu$ | $= (011):(1\bar{1}0) =$ | — | *81 16 |
| $\omega:m$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(110) =$ | 74 30 | 74 25 |
| $\omega:\mu$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | — | *54 25 |
| $c:\mu$ | $= (001):(1\bar{1}0) =$ | 69 26 | 69 24 |

Farbe der Krystalle blaugrün.

### Kobaltoselenat-Pentahydrat = $SeO_4Co.5H_2O$.

Spec. Gew. 2,512 Topsøe[46]).

Triklin pinakoidal, isomorph mit den vorhergehenden und folgenden Salzen.

Bildet sich nach Mitscherlich[68]) bei 30°—40°. Topsøe (l. c. 22) erhielt bei 50—60° rubinrote Krystalle mit den Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $t\{021\}$; prismatisch nach der $c$-Axe, mit vorherrschenden $a$ und $m$; $t$ und $\omega$ untergeordnet. Die Verticalzone ist stark gestreift. Das Salz verwittert rasch, weshalb die Messungen nur sehr schwankende Winkelwerte lieferten.

| | | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:m$ | $= (010):(110) =$ | 51° 59′ |
| $a:m$ | $= (100):(110) =$ | 24° 48′—28° 24′ |
| $a:\mu$ | $= (100):(1\bar{1}0) =$ | 32° 12′ |
| $q:t$ | $= (011):(021) =$ | 20 43 |
| $a:q$ | $= (100):(011) =$ | 67 16 |
| $q:\omega'$ | $= (011):(\bar{1}11) =$ | 52 30 |
| $a:t$ | $= (100):(021) =$ | 68 8 |
| $m:q$ | $= (110):(011) =$ | 59 4 |
| $m:t$ | $= (110):(021) =$ | 50 18 |
| $\mu:q$ | $= (1\bar{1}0):(011) =$ | 82 30 |
| $\mu:t$ | $= (1\bar{1}0):(021) =$ | 92 16 |
| $\omega':t$ | $= (\bar{1}11):(021) =$ | 57 30 |

## Cuprisulfat-Pentahydrat = $SO_4Cu.5H_2O$

**(nat. Chalkanthit, Kupfervitriol).**

Spec. Gew. 2,292 Pettersson[40]), 2,284 Thorpe und Watts[66]).
Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}5721 : 1 : 0{,}5554 \text{ Barker.}$$
$$\alpha = 82^\circ 5', \quad \beta = 107^\circ 8', \quad \gamma = 102^\circ 41'.$$

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $\pi\{1\bar{3}0\}$, $\lambda\{1\bar{2}0\}$, $\nu\{2\bar{1}0\}$, $q\{011\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $t\{021\}$, $\tau\{0\bar{2}1\}$, $c\{001\}$, $\xi\{1\bar{2}\bar{1}\}$, $\sigma\{12\bar{1}\}$, $\zeta\{1\bar{3}\bar{1}\}$, $l\{120\}$, $\psi\{1\bar{3}1\}$. Kupffer[69]) gibt die Formen $a$, $m$, $\mu$, $b$, $\pi$, $t$, $q$, $c$, $\varkappa$, $\tau$, $\omega$, $\sigma$, $\xi$ an; Miller[70]) erwähnt außerdem $\lambda$, $r$, $\zeta$; $l$ und $\psi$ sind von Barker (unveröff. Beob. im Lab. d. Verf.) beobachtet; die Form $\psi$ fand neuerdings auch Boeris[71]). Kurzprismatische Krystalle; die gewöhnliche Ausbildung zeigt meist nur die Formen der Verticalzone $a$, $m$, $\mu$, $\lambda$, $\pi$ und $b$, letzteres immer sehr schmal, mit $\omega$ als einziger Endfläche (Fig. 667). Einen flächenreichen Krystall stellt Fig. 668 dar, ebenfalls mit $\omega$ als herrschender Endfläche,

Fig. 667.

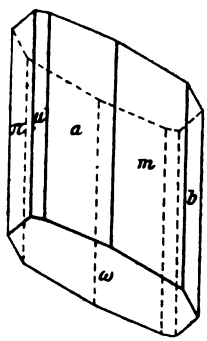



Fig. 668.

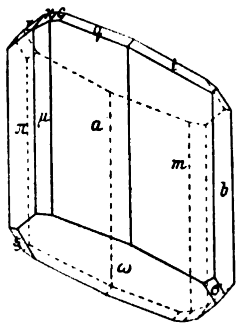
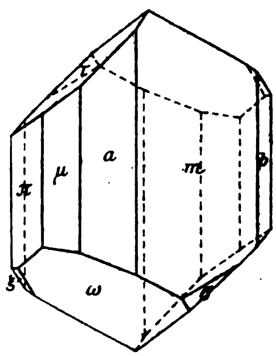



Fig. 669.




$q$ und $t$ sind auf Kosten von $c$, $\varkappa$ und $\tau$ langgestreckt. Bei einer nicht seltenen Ausbildungsweise ist von den Endflächen neben $\omega$ noch $\tau$ herrschend (Fig. 669). Boeris[71]) beobachtete an Krystallen, welche sich beim Abkühlen warm gesättigter Lösung bildeten, regelmäßige Verwachsungen, bei denen die Kanten [100 . 010] bzw. [010 . 001] des einen Krystalles parallel [010 . 001] bzw. [100 . 010] des anderen sind und die Flächen {010} beider Krystalle zusammenfallen.

An natürlichen Krystallen, welche selten gut ausgebildet sind, wurden außer den oben angeführten Formen noch nachgewiesen: {120} und $\{1\bar{1}1\}$.

69) Kupffer, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1826, 8, 217; Handbuch der rechnenden Krystallonomie, St. Petersburg 1831, 128.

70) Miller, Elem. introd. to Mineralogy by the late W. Phillips, ed. by Brooke and Miller 1852, 556.

71) Boeris, Atti d. Soc. Ital. Sc. Nat. Milano 1905, 14, 73; Riv. min. crist. ital. 1907 33, 5. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 48, 489.

| | Berechnet: | Beobachtet: Barker: | Kupffer: | Miller: |
|---|---|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *79° 6′ | 79° 19′ | — |
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *26 7 | — | — |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | 57° 16′ | 57 9 | — | — |
| $a:l = (100):(120) =$ | 41 52 | 41 48 | — | — |
| $a:\lambda = (100):(1\bar{2}0) =$ | 53 50 | 53 31 | — | — |
| $a:\pi = (100):(1\bar{3}0) =$ | 67 4 | — | — | — |
| $a:\nu = (100):(2\bar{1}0) =$ | 15 56 | — | — | — |
| $b:q = (010):(011) =$ | — | *64 58 | 65 4 | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 94 29 | — | — | — |
| $q:x = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *56 59 | — | — |
| $b:t = (010):(021) =$ | 44 39 | 44 41 | — | — |
| $b':\tau = (0\bar{1}0):(0\bar{2}1) =$ | 40 33 | 40 33 | 40 17 | — |
| $b:\omega' = (010):(\bar{1}11) =$ | 76 32½ | 76 23 | 76 33 | — |
| $b:\sigma = (010):(12\bar{1}) =$ | 40 49 | 40 52 | 40 47 | — |
| $b:\zeta' = (010):(\bar{1}31) =$ | 40 31 | 40 56 | — | — |
| $b:\xi' = (010):(\bar{1}21) =$ | 54 49 | 54 44 | — | — |
| $b':\psi = (0\bar{1}0):(1\bar{3}1) =$ | 46 4 | — | — | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 73 53 | — | — | — |
| $a:q = (100):(011) =$ | — | *69 59 | 70 22 | — |
| $a:x = (100):(0\bar{1}1) =$ | 82 6 | 81 34 | — | — |
| $a:t = (100):(021) =$ | 70 15 | — | — | — |
| $a:\tau = (100):(0\bar{2}1) =$ | 87 27 | — | 87 34 | — |
| $a:\omega = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 59 29½ | 59 25 | — | 59° 10′ |
| $a:\sigma = (100):(12\bar{1}) =$ | 59 5 | — | — | — |
| $a:\psi = (100):(1\bar{3}1) =$ | 64 18 | — | — | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 55 1 | — | — | — |
| $m:t = (110):(021) =$ | 53 31 | 53 30 | — | — |
| $m:q = (110):(011) =$ | 62 6 | 61 47 | — | — |
| $m:x = (110):(0\bar{1}1) =$ | 96 49 | 96 33 | — | — |
| $m:\tau' = (110):(02\bar{1}) =$ | 72 16 | 72 10 | — | — |
| $m:\omega = (110):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 72 2 | 72 0 | — | — |
| $m:\sigma = (110):(12\bar{1}) =$ | 40 47 | 40 46 | — | — |
| $\mu:q = (1\bar{1}0):(011) =$ | 84 1 | 83 59 | — | — |
| $\mu:\tau = (1\bar{1}0):(0\bar{2}1) =$ | 63 43 | — | — | — |
| $\mu:\omega = (1\bar{1}0):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 52 35 | 52 27 | 52 20 | — |
| $\mu:\xi = (1\bar{1}0):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | 50 2 | 50 3 | — | — |
| $\lambda:\omega = (1\bar{2}0):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 55 8 | 55 3 | — | — |
| $\lambda:x = (1\bar{2}0):(0\bar{1}1) =$ | 57 5 | 57 4 | — | — |
| $\lambda:\psi = (1\bar{2}0):(1\bar{3}1) =$ | 26 40 | 26 43 | — | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ unvollkommen, nach $\mu\{1\bar{1}0\}$ in Spuren (Miller).

Doppelbrechung negativ; nach Pape[72]) liegt die 1. Mittellinie der optischen Axen im vorderen rechten oberen Oktanten und bildet für mittlere Farben mit der Normalen zu $m\{110\}$ 43¾°, mit der Normalen zu $\mu\{1\bar{1}0\}$ 98½°, mit der Normalen zu $\omega'\{\bar{1}11\}$ 73°; Axenwinkel: $2V = 56°$, $2E = 93°$, Dispersion $\varrho < v$. Nach einer neueren Bestimmung von G. Wulff (Privatmitt.) schließt die Normale der Axenebene mit den Normalen zu $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$ und $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$ bzw. die Winkel 53½°, 12½° und 67° ein. Brechungsindices für *Na*:

72) Pape, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1874, Erg.-Bd. 6, 35.

$\alpha = 1{,}5140$ $\beta = 1{,}5368$ $\gamma = 1{,}5433$ Kohlrausch[73]).
$1{,}51408$ $1{,}53684$ $1{,}54345$ Lavenir[74]).

Das Wärmeleitungsellipsoid hat nach Pape[75]) das Axenverhältnis 0,939:0,860:1 und die letzte Hauptaxe desselben ist nahe parallel der $c$-Axe, daher die Verwitterungsfiguren auf den verticalen Flächen eine vertical verlängerte Gestalt haben (Blasius[76]). Die nach der Methode von Röntgen[77]) dargestellten isothermischen Curven zeigen übrigens eine deutliche Abweichung von der verticalen Axe.

### Cupriselenat-Pentahydrat = $SeO_4Cu.5H_2O$.

Spec. Gew. 2,559 Topsøe[46]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}5675:1:0{,}5551 \text{ Topsøe}^{46)}.$$
$$\alpha = 81^\circ 58', \quad \beta = 106^\circ 34', \quad \gamma = 103^\circ 11'.$$

Das Salz wird bereits von Mitscherlich[69]) und von Wohlwill[12]) als isomorph mit Kupfervitriol angeführt; Topsøe (l. c. 25), welcher dasselbe eingehender untersuchte, beobachtete die Formen $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $\tau\{0\bar{2}1\}$, $t\{021\}$, $\xi\{1\bar{2}\bar{1}\}$, $\sigma\{12\bar{1}\}$. Die vorherrschenden Formen sind wie beim Kupfervitriol $a$, $m$, $\mu$ und $\omega$. Die Krystalle sind prismatisch nach der $c$-Axe mit vorherrschenden $a$ oder $\mu$. Fig. 667 und 669 stellen auch den Habitus und die Ausbildung des Selenates dar.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010)$ | $= 78^\circ 36'$ | $79^\circ\ 6'$ |
| $a:c$ | $= (100):(001)$ | $= 74\ 45$ | — |
| $b:c$ | $= (010):(001)$ | $= 94\ 35$ | — |
| $a:m$ | $= (100):(110)$ | $= 25\ 52$ | 26 16 |
| $a:\mu$ | $= (100):(1\bar{1}0)$ | = — | *31 5 |
| $b:t$ | $= (010):(021)$ | $= 44\ 45$ | — |
| $b:q$ | $= (010):(011)$ | $= 65\ \ 2$ | — |
| $b':\tau$ | $= (0\bar{1}0):(0\bar{2}1)$ | $= 40\ 26$ | 39 59 |
| $b:\xi'$ | $= (010):(\bar{1}21)$ | $= 55\ 13$ | — |
| $b:\omega'$ | $= (010):(\bar{1}11)$ | = — | *77 3 |
| $\omega:\sigma$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(12\bar{1})$ | = — | *62 17 |
| $a:t$ | $= (100):(021)$ | $= 70\ 14$ | 70 12 |
| $a:\tau$ | $= (100):(0\bar{2}1)$ | $= 88\ \ 0$ | 87 45 |
| $a:\omega$ | $= (100):(1\bar{1}\bar{1})$ | = — | *59 9 |
| $a:\sigma$ | $= (100):(12\bar{1})$ | $= 58\ 30$ | 58 53 |
| $a:\xi$ | $= (100):(1\bar{2}\bar{1})$ | $= 69\ \ 6$ | — |
| $\omega:m$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(110)$ | $= 71\ 33$ | 71 46 |
| $\omega:\mu$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | = — | *52 22 |
| $\omega:t$ | $= (\bar{1}11):(021)$ | $= 54\ 42$ | 54 42 |
| $\omega':\tau$ | $= (\bar{1}11):(0\bar{2}1)$ | $= 77\ 41$ | 78 17 |
| $t:m$ | $= (021):(110)$ | $= 53\ 46$ | $53^\circ 14'$—$54^\circ 11'$ |
| $t:\xi'$ | $= (021):(\bar{1}21)$ | $= 40\ 40$ | — |
| $\tau:m'$ | $= (0\bar{2}1):(\bar{1}\bar{1}0)$ | $= 71\ 43$ | $71^\circ 56'$ |

73) Kohlrausch, Verhandl. d. physik.-med. Ges. Würzburg 1877, (2) **12**. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **2**, 102.

74) Lavenir, Bull. soc. min. fr. 1891, **14**, 115. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 190.

75) Pape, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1877 n. F., **1**, 126. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **1**, 507.

76) Blasius, Zeitschr. f. Krystall. 1885, **10**, 238.

77) Röntgen, Zeitschr. f. Krystall. 1879, **3**, 23 und Taf. II.

## Zinkselenat-Pentahydrat = $SeO_4Zn.5H_2O$.

Spec. Gew. 2,591 Topsøe[46]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}5829:1:0{,}5586 \text{ Topsøe}^{46)}.$$
$$\alpha = 81^\circ 12', \quad \beta = 109^\circ 20', \quad \gamma = 104^\circ 27'.$$

Entsteht nach Mitscherlich[66]) (l. c. 329) bei Temperaturen von über 30°. Die von Topsøe (l. c. 23) gemessenen Krystalle zeigten die Formen $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $t\{021\}$ in der Ausbildung der Fig. 665 und waren tafelig nach $a$; vorherrschend sind $a$, $m$ und $q$. Die Zone parallel der $c$-Axe ist stark gestreift.

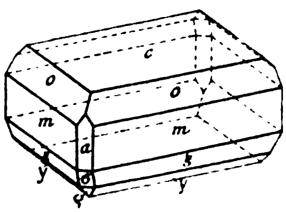
| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $=(100):(010)$ | $= 77^\circ 41'$ | $77^\circ 53'$ |
| $a:m$ | $=(100):(110)$ | $= 26\ 23$ | $26\ 13$ |
| $m:\mu$ | $=(110):(1\bar{1}0)$ | $=$ — | *58 43 |
| $b:m$ | $=(010):(110)$ | $=$ — | *51 18 |
| $b:t$ | $=(010):(021)$ | $= 43\ 40$ | — |
| $b:q$ | $=(010):(011)$ | $= 64\ 8$ | $64\ 0$ |
| $a:t$ | $=(100):(021)$ | $= 67\ 49$ | $67\ 58$ |
| $a:q$ | $=(100):(011)$ | $=$ — | *67 25 |
| $a:\omega$ | $=(100):(1\bar{1}\bar{1})$ | $=$ — | *61 20 |
| $\omega:m$ | $=(1\bar{1}\bar{1}):(110)$ | $= 73\ 57$ | $74\ 0$ |
| $q:m$ | $=(011):(110)$ | $=$ — | *59 39 |
| $q:\mu$ | $=(011):(1\bar{1}0)$ | $= 82\ 30$ | $82\ 52$ |
| $t:m$ | $=(021):(110)$ | $= 50\ 54$ | $51\ 7$ |
| $t:\omega'$ | $=(021):(\bar{1}11)$ | $= 55\ 9$ | *55 30 |

## Magnesiumsulfat-Hexahydrat = $SO_4Mg.6H_2O$.

Spec. Gew. 1,734 Thorpe und Watts[66]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}4039:1:1{,}6683; \quad \beta = 98^\circ 34' \text{ Marignac}^{60)}.$$

Fig. 670.




Mitscherlich[78]) hat zuerst dieses Hydrat dargestellt bei Temperaturen über 40°. Marignac (l. c. 237 bzw. 383) erhielt beim langsamen Abkühlen einer warmen Lösung bis zu 30° kurzprismatische glänzende Krystalle mit den Formen $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$, $y\{11\bar{2}\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$ (Fig. 670), während bei 70° die Lösung nur lange Prismen ohne weitere Formen geliefert hatte. Elemente neu berechnet von Goßner.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:m'$ | $=(110):(\bar{1}10)$ | $=$ — | *71° 32′ |
| $o:o$ | $=(111):(1\bar{1}1)$ | $= 89^\circ 49'$ | — |
| $\xi:\xi$ | $=(22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1})$ | $= 107\ 10$ | — |
| $y:y$ | $=(11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2})$ | $= 75\ 1$ | $75\ 6$ |
| $a:c$ | $=(100):(001)$ | $= 81\ 26$ | $81\ 40$ |
| $c:\sigma'$ | $=(001):(\bar{2}01)$ | $= 74\ 54$ | $75\ 10$ |
| $c:\varrho'$ | $=(001):(\bar{1}01)$ | $= 55\ 23$ | $55\ 30$ |
| $c:m$ | $=(001):(110)$ | $=$ — | *85 0 |
| $c:o$ | $=(001):(111)$ | $=$ — | *60 5 |
| $c:\xi'$ | $=(001):(\bar{2}21)$ | $= 81\ 6$ | $81\ 15$ |
| $c:y'$ | $=(001):(\bar{1}12)$ | $= 48\ 23$ | $48\ 30$ |

78) Mitscherlich, Gesammelte Schriften 311.

Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie gegen die Axe $c$ im spitzen Winkel $\beta$ unter 25° geneigt, also fast senkrecht zu einer Fläche $(\bar{1}02)$; geneigte Dispersion nicht zu erkennen; $2H_a = 28°$, $\varrho > v$ (Wyrouboff[58])).

### Magnesiumselenat-Hexahydrat $SeO_4Mg.6H_2O$.

Spec. Gew. 1,928 Topsøe[46]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}3853:1:1{,}6850; \quad \beta = 98°32' \text{ Topsøe}^{46)}.$$

Nach Mitscherlich[78]) krystallisiert dieses Salz bei gewöhnlicher Temperatur. Topsøe (l. c. 26) erhielt bei Temperaturen über 6°—8° Krystalle, für welche er die Formen $c\{100\}$, $m\{110\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$, $y\{11\bar{2}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$ anführt, während in der beigegebenen, mit Fig. 670 vollkommen übereinstimmenden Abbildung auch $a\{100\}$ und $o\{111\}$ eingezeichnet sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | 72°15' | 72°16' |
| $\xi:\xi = (22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1}) =$ | 105 48 | — |
| $y:y = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2}) =$ | 74 46 | 74 42 |
| $c:\sigma' = (001):(\bar{2}01) =$ | 75 7 | — |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | 55 44 | 55 41 |
| $c:m = (001):(110) =$ | 84 59 | 85 3 |
| $c:\xi' = (001):(\bar{2}21) =$ | 81 5 | — |
| $c:y' = (001):(\bar{1}12) =$ | 48 29 | 48 33 |
| $m:y = (110):(11\bar{2}) =$ | — | *46 32 |
| $m:y' = (110):(\bar{1}12) =$ | 72 58 | 73 6 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | — | *64 22 |
| $m:\sigma = (110):(20\bar{1}) =$ | 57 15 | — |
| $\varrho:y = (10\bar{1}):(11\bar{2}) =$ | — | *42 40 |
| $\varrho:\xi = (10\bar{1}):(22\bar{1}) =$ | 55 19 | — |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen (Topsøe).
Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie (sehr wenig dispergiert) bildet 27° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; $2V = 28°12'$ mit starker Dispersion $\varrho > v$; Brechungsindices für $D$: $\alpha = 1{,}4856$, $\beta = 1{,}4892$, $\gamma = 1{,}4911$; für $C$: $\beta = 1{,}4864$, für $F$: $\beta = 1{,}4965$ (Topsøe und Christiansen[47])).

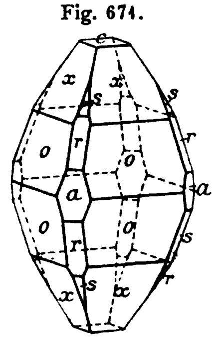
### Nickelsulfat-Hexahydrat $= SO_4Ni.6H_2O$.

#### Tetragonale Modification.

Spec. Gew. 2,064 Goßner[79]); 2,074 Topsøe[59]).
Tetragonal trapezoëdrisch.

$$a:c = 1:1{,}9119 \text{ Scacchi}^{17)}.$$

Fig. 671.

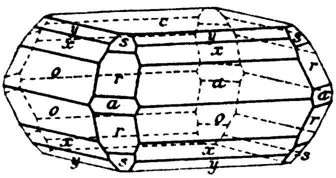



Dieses Salz wurde zuerst beschrieben von Mitscherlich[80]), welcher aus einer warmen Lösung die Combination (Fig. 671): $o\{111\}$, $x\{112\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $s\{203\}$ erhielt; Krystalle von $SO_4Ni.7H_2O$, welche sich bei 15° gebildet hatten und in einem ge-

79) Goßner, Ber. d. d. chem. Ges. 1907, **40**, 2374.
80) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1828, **12**, 146. Ges. Schriften 250.

schlossenen Gefäße der Sonnenwärme ausgesetzt wurden, zeigten sich beim Zerbrechen zusammengesetzt aus tetragonalen Krystallen des Hexahydrates. Rammelsberg[10]) (l. c. 99) erwähnt als einfachste Combination des Salzes: $c\{001\}$, $o\{111\}$, häufig mit $x\{112\}$, gibt aber keine eigenen Messungen an, sondern nur die von Brooke[81]). Scacchi hat nach $c\{001\}$ dicktafelige bis pyramidale Krystalle (Fig. 672) gemessen, an welchen die Formen $o\{111\}$, $x\{112\}$, $y\{113\}$, untergeordnet $a\{100\}$, $r\{101\}$ und $s\{203\}$ auftraten.

Fig. 672.




| | Berechnet: | Beobachtet: Scacchi: | Mitscherlich: | Brooke |
|---|---|---|---|---|
| $o:c$ | $= (111):(001) = 69°42'$ | — | 69°38¾' | 69°20' |
| $x:c$ | $= (112):(001) = 53\ 31$ | — | — | 53 36 |
| $y:c$ | $= (113):(001) = 42\ 1$ | — | — | — |
| $s:c$ | $= (203):(001) =$ — | *51°53' | — | — |
| $r:c$ | $= (101):(001) = 62\ 23$ | — | — | 62 23 |
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) = 83\ 5$ | — | — | — |
| $x:x$ | $= (112):(1\bar{1}2) = 69\ 18$ | — | — | — |
| $y:y$ | $= (113):(1\bar{1}3) = 56\ 30$ | — | — | — |
| $r:r$ | $= (101):(011) = 77\ 36$ | — | — | — |
| $s:s$ | $= (203):(023) = 67\ 36$ | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Blasius[82]) erhielt auf $\{001\}$ mit Wasser Ätzfiguren von quadratischem Umrisse mit den Seiten parallel den Kanten [001 : 111]; zuweilen waren noch die Ecken der Quadrate gerade abgestumpft; schärfer sind die Ätzfiguren mit Alkohol auf $\{001\}$: die Vertiefung stellt im einfachsten Falle eine quadratische Pyramide, häufig noch mit der Basis, dar; die Seiten des Quadrates sind parallel den Kanten [001 : 101]. Auf $\{111\}$ erhält man mit $H_2O$ bei kurzer Dauer der Einwirkung Trapeze mit zwei parallelen horizontalen Seiten, deren längere der Basis zugewendet ist; mit Alkohol entstehen unsymmetrisch gestellte Trapeze. Baumhauer[83]) wies ferner nach, daß die auf Spaltungsplatten nach $c\{001\}$ mit Wasser, wässerigem Alkohol und besonders die mit ziemlich concentrierter wässeriger Lösung bewirkten Ätzfiguren eine der trapezoëdrischen Symmetrie entsprechende, um kleine Winkel gegen die Umrisse der Platten gedrehte Stellung haben.

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[47]):

| | | |
|---|---|---|
| für $C$: | $\omega = 1{,}5078$ | $\varepsilon = 1{,}4844$ |
| » $D$: | 1,5109 | 1,4873 |
| » $F$: | 1,5173 | 1,4930 |
| » $G$: | 1,5228 | — |

Farbe smaragdgrün mit einem Stich ins Blaue (Scacchi, Marignac).

81) Brooke, Annals of Philos. 1823, **22**, 437.
82) Blasius, Zeitschr. f. Krystall. 1885, **10**, 227.
83) Baumhauer, Die Resultate der Ätzmethode, Leipzig 1894, 57. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 522.

### Monokline Modification.

Spec. Gew. 2,036 Goßner[79]), 2,042 Topsøe[59]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}3723:1:1{,}6763;\quad \beta = 98°17'$$ Marignac[60]).

Nach Marignac (l. c. 243 bzw. 388) bildet sich aus wässeriger Lösung zwischen 30° und 40° die tetragonale, zwischen 50° und 70° die monokline Modification, deren Krystalle besonders stabil sind, wenn die Lösung außerdem $NiCl_2$ und $HCl$ enthielt; der beobachtete Habitus und die gewöhnlichen Formen sind ganz ähnlich denen des *Mg*-Salzes, nämlich: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$, $y\{11\bar{2}\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$ (Fig. 670); dazu kommen als seltenere und untergeordnete Formen noch $r\{101\}$, $s\{201\}$, $\tau\{30\bar{2}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $z\{223\}$, $\zeta\{22\bar{3}\}$. Scacchi[17]) (l. c. 105) fand: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $y\{11\bar{2}\}$, $n\{11\bar{1}\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $s\{201\}$, außerdem führt er noch die Formen $n\{112\}$ und $e\{101\}$, jedoch ohne Winkelangabe, an; mit diesen Symbolen steht jedoch seine Figur im Widerspruche.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Scacchi: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *72° 44' | 73° 8' |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 89° 2' | 88 42 | — |
| $z:z = (223):(2\bar{2}3) =$ | 77 30 | — | — |
| $\xi:\xi = (22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1}) =$ | 105 56 | 106 1 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 97 10 | 97 20 | — |
| $y:y = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2}) =$ | 74 18 | 74 17 | — |
| $\zeta:\zeta = (22\bar{3}):(2\bar{2}\bar{3}) =$ | 85 32 | 85 20 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 81 43 | 81 35 | — |
| $a:\sigma = (100):(20\bar{1}) =$ | 23 18 | 23 10 | — |
| $a:\tau = (100):(30\bar{2}) =$ | 30 23 | 31 25 | — |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) =$ | 42 34 | 42 38 | — |
| $c:r = (001):(101) =$ | 45 47 | 45 47 | — |
| $c:s = (001):(201) =$ | 60 47 | 60 55 | — |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *85 6 | 84 28 |
| $c:o = (001):(111) =$ | — | *60 11 | — |
| $c:z = (001):(223) =$ | 50 50 | 50 46 | — |
| $c:\xi' = (001):(\bar{2}21) =$ | 81 1 | 81 15 | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 68 7 | 68 0 | — |
| $c:\zeta' = (001):(\bar{2}23) =$ | 57 10 | 57 12 | — |
| $c:y' = (001):(\bar{1}12) =$ | 48 21 | 48 22 | 48 16 |
| $a:o = (100):(111) =$ | 54 44 | 54 30 | — |
| $a:\xi = (100):(22\bar{1}) =$ | 56 25 | 56 10 | — |
| $a:y = (100):(11\bar{2}) =$ | 70 8 | 70 30 | — |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 64 6 | 64 18 | — |
| $m:\sigma = (110):(20\bar{1}) =$ | 57 0 | 57 5 | — |
| $\varrho:y = (10\bar{1}):(11\bar{2}) =$ | 42 26 | 42 14 | — |
| $\varrho:\zeta = (10\bar{1}):(22\bar{3}) =$ | 44 25 | 44 35 | — |
| $\varrho:\xi = (10\bar{1}):(22\bar{1}) =$ | 55 21 | 55 10 | — |
| $\sigma:o = (20\bar{1}):(111) =$ | 68 37 | 68 30 | — |
| $\sigma:y = (20\bar{1}):(11\bar{2}) =$ | 53 20 | 53 32 | — |

Keine Spaltbarkeit (Scacchi).

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie annähernd ⊥ zu $\{\bar{1}02\}$, $2H_a = 19°25'$, $\varrho > v$ (Wyrouboff[58]) l. c. 373). Farbe smaragdgrün.

### Nickelselenat-Hexahydrat = $SeO_4Ni.6H_2O$.

Spec. Gew. 2,314 Topsøe[46]).

Tetragonal. $a:c = 1:1,8364$ Topsøe[46]).

Mitscherlich[68]) beschrieb dieses Salz als isomorph mit dem Sulfate und beobachtete auch die gleichen Formen (s. Fig. 671, S. 423), hielt aber beide Verbindungen für Heptahydrate. Die richtige Formel wurde von Marignac[63]) (l. c. 27 bzw. 455) festgestellt, welcher angibt, genau dieselben Winkelwerte erhalten zu haben, wie Mitscherlich. Topsøe (l. c. 30) erhielt nur Combinationen der Formen $o\{111\}$, $c\{001\}$ und $r\{101\}$, in höheren Temperaturen tafelförmig nach $c$, in niederen spitzbipyramidal durch Vorherrschen von $o$; $r$ stets untergeordnet.

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|
| $o:c = (111):(001)$ = | — | *68° 56½′ | 69° 28′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | 82° 35′ | 82 26 | — |
| $r:c = (101):(001)$ = | 61 26 | 61 23 | — |
| $r:r = (101):(011)$ = | 76 47 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.
Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[47]):

| | $\omega$ | $\varepsilon$ |
|---|---|---|
| für $C$: | $\omega$ = 1,5357 | $\varepsilon$ = 1,5089 |
| » $D$: | 1,5393 | 1,5125 |
| » $F$: | 1,5473 | 1,5196 |
| » $G$: | 1,5539 | 1,5258 |

### Kobaltosulfat-Hexahydrat = $SO_4Co.6H_2O$.

Spec. Gew. 2,000 Goßner[79]), 2,019 Thorpe und Watts[66]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3959:1:1,6903$; $\beta = 98° 43'$ Marignac[60]).

Marignac (l. c. 246 bzw. 391) erhielt dieses Salz bei 40°—50° und beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $y\{11\bar{2}\}$, $\zeta\{22\bar{3}\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$. Verglichen mit dem Magnesiumsalze (Fig. 670) sind die Krystalle mehr prismatisch nach $m\{110\}$ ausgebildet und zeigen statt $\xi\{22\bar{1}\}$ die Formen $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\zeta\{22\bar{3}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10)$ = | — | *71° 52′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | 89° 33′ | 89 38 |
| $y:y = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2})$ = | 75 1 | 74 50 |
| $\zeta:\zeta = (22\bar{3}):(2\bar{2}\bar{3})$ = | 86 22 | — |
| $a:c = (100):(001)$ = | 81 17 | 81 19 |
| $c:\sigma' = (001):(\bar{2}01)$ = | 75 10 | 75 0 |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01)$ = | 55 42 | 55 50 |
| $c:m = (001):(110)$ = | — | *84 54 |
| $c:o = (001):(111)$ = | 60 3 | 60 0 |
| $c:y' = (001):(\bar{1}12)$ = | — | *48 30 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11)$ = | 67 20 | 67 6 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1})$ = | 64 36 | 64 36 |
| $\varrho:y = (10\bar{1}):(11\bar{2})$ = | 42 48 | 42 30 |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie fast senkrecht zu $\{\bar{1}02\}$; geneigte Dispersion schwach. $2H_a = 8°$, $\varrho > v$ (Wyrouboff).

**Kobaltoselenat-Hexahydrat = $SeO_4Co.6H_2O$.**

Spec. Gew. 2,175 Topsøe[46]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3709:1:1,6815$; $\beta = 98^\circ 14'$ Topsøe[46]).

Bildet sich nach Mitscherlich[68]) bei Temperaturen über 15°; die von Topsøe (l. c. 28) untersuchten Krystalle zeigten die Combination: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $y\{11\bar{2}\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$, $\zeta\{22\bar{3}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $a\{100\}$ und waren dicktafelig nach $c$, bzw. kurzprismatisch nach $m$; $o$ ist untergeordnet, $a$ fehlt oft; die übrigen Formen sind ungefähr gleich stark entwickelt. Die Combination ist l. c. durch dieselbe Figur wie beim entsprechenden Magnesiumsulfate dargestellt; doch kommt hier noch die Form $\zeta\{22\bar{3}\}$ hinzu.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(1\bar{1}0) =$ | 72° 47′ | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 89 7 | 89° 22′ |
| $y:y = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2}) =$ | 74 25 | — |
| $\zeta:\zeta = (22\bar{3}):(2\bar{2}\bar{3}) =$ | 85 37 | — |
| $\xi:\xi = (22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1}) =$ | 105 55 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 81 46 | 81 35 |
| $c:\sigma' = (001):(\bar{2}01) =$ | 75 1 | 74 53 |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | — | *55 48 |
| $c:m = (001):(110) =$ | 85 7 | 85 0 |
| $c:o = (001):(111) =$ | 60 16 | 60 8 |
| $c:\xi' = (001):(\bar{2}21) =$ | 81 3 | 81 8 |
| $c:y' = (001):(\bar{1}12) =$ | — | *48 27 |
| $c:\zeta' = (001):(\bar{2}23) =$ | 57 15 | 57 13 |
| $a:o = (100):(111) =$ | 54 43 | — |
| $a:y = (100):(11\bar{2}) =$ | 70 3 | — |
| $\varrho:y = (10\bar{1}):(11\bar{2}) =$ | — | *42 29 |
| $\varrho:\zeta = (10\bar{1}):(22\bar{3}) =$ | 44 27 | 44 26 |
| $\varrho:\xi = (10\bar{1}):(22\bar{1}) =$ | 55 20 | — |
| $\sigma:y = (20\bar{1}):(11\bar{2}) =$ | 53 19 | — |
| $\sigma:\zeta = (20\bar{1}):(22\bar{3}) =$ | 50 48 | — |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 34° 42′ im spitzen Winkel $\beta$; für $Na$: $2V = 7^\circ 13'$, $2E = 11^\circ 0'$, $\varrho > v$; $\beta = 1,5225$, $\gamma = 1,5227$; für $Li$: $\beta = 1,5183$ (Topsøe und Christiansen[47])).

**Zinksulfat-Hexahydrat = $SO_4Zn.6H_2O$.**

Spec. Gew. 2,056 Playfair, 2,072 Thorpe und Watts[66]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3847:1:1,6758$; $\beta = 98^\circ 12'$ Wyrouboff[58]).

Bildet sich nach Mitscherlich bei Temperaturen über 30°, sowie beim Erwärmen von Krystallen des Heptahydrates; die bei 50°—55′ von Marignac[60]) (l. c. 244 bzw. 389) erhaltenen Krystalle waren unvollständig ausgebildet; Wyrouboff (l. c. 377) beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $y\{11\bar{2}\}$, $\xi(22\bar{1}\}$. Tafelig nach $c$, mit ähnlicher Ausbildung wie das Magnesiumsalz (Fig. 670); $\xi$ ist nur selten vorhanden. Häufig Zwillinge mit $c$ als Zwillingsebene.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *72° 14′ | 73° 14′ |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 97° 28′ | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 89 20 | — | — |
| $y:y = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2}) =$ | 74 24 | — | — |
| $\xi:\xi = (22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1}) =$ | 106 22 | — | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *81 48 | 81 25 |
| $a:\sigma = (100):(20\bar{1}) =$ | 23 29 | 23 23 | — |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | — | *55 22 | — |
| $c:m = (001):(110) =$ | 85 12 | — | 85 30 |
| $c:o = (001):(111) =$ | 60 8 | 60 17 | 61 0 |
| $c:\xi' = (001):(\bar{2}21) =$ | 80 55 | 81 5 | 81 0 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 67 59 | 68 14 | — |
| $c:y' = (001):(\bar{1}12) =$ | 48 14 | 84 18 | 48 0 |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie fast senkrecht zu $\{\bar{1}02\}$; geneigte Dispersion schwach; Axenwinkel in Öl $2H$ für Rot = 3° 40′, für Grün = 1° 50′, für Blau = 0°.

### Zinkselenat-Hexahydrat = $SeO_4Zn.6H_2O$.

Spec. Gew. 2,325 Topsøe[46]).

Tetragonal. $a:c = 1:1,8949$ Topsøe[46]).

Nach Mitscherlich[68]) krystallisiert dieses Salz bei 15°—20°, während sich in niedriger Temperatur rhombische Krystalle des Heptahydrates bilden; Topsøe (l. c. 30) erhielt jedoch auch bei 0° das tetragonale Hexahydrat. Seine Krystallform beschreibt Mitscherlich[80]) als übereinstimmend mit derjenigen des Nickelsulfates (Fig. 671). Topsøe (l. c. 29) beobachtete folgende Formen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, untergeordnet: $x\{112\}$, $r\{101\}$ und $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | 69° 32′ | 69° 31′ | 69° 26½′ |
| $x:c = (112):(001) =$ | 53 16 | 53 13½ | — |
| $r:c = (101):(001) =$ | 62 11 | 62 6 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 82 59 | 83 1 | — |
| $x:x = (112):(1\bar{1}2) =$ | 69 2 | — | — |
| $r:r = (101):(011) =$ | 77 25½ | — | — |
| $o:'x = (111):(1\bar{1}2) =$ | 77 56 | 77 54 | — |
| $o:x_{,} = (111):(11\bar{2}) =$ | — | *57 12 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[47]) (l. c. 667):

| | $\omega$ | $\varepsilon$ |
|---|---|---|
| für $C$: | 1,5255 | 1,5004 |
| » $D$: | 1,5291 | 1,5039 |
| » $F$: | 1,5367 | 1,5108 |
| » $G$: | 1,5427 | 1,5165 |

### Magnesiumsulfat-Heptahydrat = $SO_4Mg.7H_2O$.

**Rhombische Modification** (nat. **Epsomit, Bittersalz**).

Spec. Gew. 1,677 Johnson[84]), 1,677 Retgers[24]), 1,684—1,691 Pettersson[40]), 1,678 Thorpe und Watts[66]), 1,694 Topsøe und Christiansen[47]).

84) Johnsen, N. Jahrb. f. Min. usw. 1907, Beil.-Bd. **23**, 815. S. auch Centralbl. f. Min. usw. 1908, 728. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 648.

Rhombisch bisphenoidisch.

$a:b:c = 0{,}9901 : 1 : 0{,}5709$ Brooke[85]).

Nach den älteren Angaben von Brooke und Rammelsberg[20]) ist die gewöhnliche Combination (Fig. 673): $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $r\{101\}$; außerdem kommen untergeordnet vor: $q\{011\}$, $s\{201\}$, $t\{021\}$, $v\{211\}$, $x\{121\}$ und $a\{100\}$. Hauer[86]) beobachtete an Krystallen aus einer mit Borax versetzten Lösung die Combination von $m\{110\}$ mit $o\{111\}$ (Fig. 674a) oder mit $\omega\{1\bar{1}1\}$ (Fig. 674b), zu welchen aber häufig auch andere der vorher genannten Formen

Fig. 673.

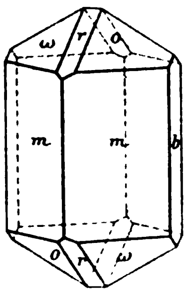
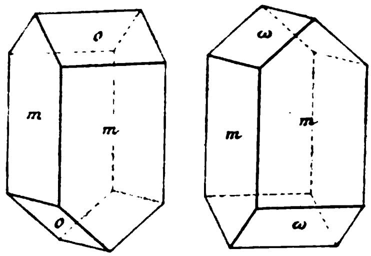



Fig. 674.

a. b.




treten; bei größerem Boraxzusatze tritt $m$ mehr zurück und der Habitus wird tetraëderähnlich. Johnsen erhielt aus reinen Lösungen, sowie aus solchen mit $MgCl_2$, $SO_4(NH_4)_2$ und $NH_3$, die Combination Fig. 673 ohne $r$, nach Zusatz von $SO_4H_2$ dieselbe Combination mit $q\{011\}$, nach Zusatz von $SO_4K_2$ außerdem $n\{120\}$, $s\{201\}$ und $t\{021\}$; $n$ trat auch bei Zusatz von $SO_4Na_2$ auf; an den Krystallen aus Glaubersalz oder Borax enthaltenden Lösungen tritt stets eines der beiden Bisphenoïde, $o$ oder $\omega$, zurück oder fehlt ganz; die Bildung rechter (Fig. 674a) oder linker (Fig. 674b) Krystalle hängt bei Übersättigung der Lösung von der Art der die Krystallisation erregenden Partikel ab; in einer aus Pulver gleicher Mengen d- und l-Krystalle hergestellten und vor Impfung geschützter Lösung erhält man beide Arten in gleicher Menge, während Rechtsweinsäure besonders die Bildung rechter, Linksweinsäure diejenige linker Krystalle hervorruft. Nach Johnsen sind Zwillinge zweier gleicher Krystalle nach $m\{110\}$ selten, noch seltener solche zweier ungleicher; dagegen bilden sich aus Lösungen, welche gegen Keime vollkommen geschützt sind, zuweilen nur Ergänzungszwillinge je zweier enantiomorpher Krystalle, deren Symmetrieaxen parallel sind.

Der natürliche Epsomit bildet selten deutliche Krystalle.

| | Berechnet: | Beobachtet: Brooke: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *89° 26′ | 89° 21′ |
| $o:\omega = (111):(1\bar{1}1) =$ | 52° 38′ | — | 52 40 |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 53 12 | — | — |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *50 57 | 50 49 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 59 56 | 60 0 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | 69 13 | — | 69 8 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 59 26 | — | — |

85) Brooke, Annals of Philos. 1823, 22, 40.

86) K. v. Hauer, Verhandl. d. geol. Reichsanst. Wien 1878, 315; 1880, 20. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 6, 529. S. auch H. v. Foullon, ebenda 1881, 131 (Ausz. 6, 532).

| | Berechnet: | Beobachtet: Brooke: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $q:m = (011):(110)$ | $= 69°35'$ | — | — |
| $q:r = (011):(101)$ | $= 41\ 12$ | — | — |
| $s:s = (201):(\bar{2}01)$ | $= 98\ \ 8$ | — | — |
| $t:t = (021):(0\bar{2}1)$ | $= 97\ 36$ | — | — |
| $v:a = (211):(100)$ | $= 44\ 57$ | — | — |
| $v:b = (211):(010)$ | $= 69\ 30$ | — | — |
| $x:a = (121):(100)$ | $= 64\ 27$ | — | — |
| $x:b = (121):(010)$ | $= 45\ 18$ | — | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $r\{101\}$ deutlich.

Die Ätz- und Verwitterungsfiguren auf $b\{010\}$ und $m\{110\}$ sind nach Blasius[82] (l. c. 229) vierseitig mit zwei der Verticalaxe parallelen Seiten. Grailich[87] gibt nur an, daß die Ätzfiguren der bisphenoïdischen Symmetrie entsprechen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $b$; $2E = 77°59'—78°11$ rot, $77°43°—78°3'$ violett (Des Cloizeaux[88])), $78°20'$ für $D$ (Fock[19])); die Brechungsindices wurden für einige Fraunhofersche Linien bestimmt von Topsøe und Christiansen[47]) und von Fock (l. c. 603), noch vollständiger (und auch für ultraviolette Strahlen) von Borel[89]); Letzterer fand:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ ber.: |
|---|---|---|---|---|
| für $a$: | 1,42947 | 1,45182 | 1,45676 | 49°45′ |
| » $B$: | 1,42991 | 1,45226 | 1,45725 | 49 57 |
| » $C$: | 1,43067 | 1,45321 | 1,45844 | 50 48 |
| » $D$: | 1,43255 | 1,45540 | 1,46090 | 51 35 |
| » $b$: | 1,43603 | 1,45905 | 1,46456 | 51 28 |
| » $F$: | 1,43776 | 1,46111 | 1,46663 | 51 11 |
| » $G$: | 1,44000 | 1,46426 | 1,46943 | 50 25 |

Dufet[25]) fand folgende Werte:

für $D$: $\alpha = 1{,}43207$, $\beta = 1{,}45529$, $\gamma = 1{,}46083$, $2E = 78°18'$.

Drehungsvermögen für 1 mm parallel der optischen Axe für $Na = 2{,}6°$ (Dufet[90])). Pocklington[91]) beobachtete an allen (13) Exemplaren einer Krystallisation das gleiche Bisphenoïd herrschend und fand sie sämtlich linksdrehend (wahrscheinlich infolge zufälliger Impfung der Lösung).

Nach Borel[92]) sind die Diëlektricitätsconstanten: $k_1 = 8{,}28$, $k_2 = 6{,}05$, $k_3 = 5{,}26$ und der Winkel der elektrischen Axen $= 118\frac{1}{2}°$ (Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$).

Nach Grammont[93]) werden die Flächen von $\{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$ und $\{110\}$ beim Erwärmen positiv elektrisch.

Diamagnetismus schwach; am stärksten parallel der $c$-Axe, am schwächsten parallel der $b$-Axe (Grailich und Lang[94])).

87) Grailich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1857, **27**, 22.

88) Des Cloizeaux, Annales d. mines 1858, (5) **14**, 375.

89) Borel, Arch. sc. phys. nat. Genève 1895, (3) **34**, 230. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **28**, 105.

90) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1904, **27**, 162. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 194.

91) Pocklington, Nature, London 1906, **73**, 270.

92) Borel, Arch. sc. phys. nat. Genève 1893, **30**, 131 f. (Diss. S. 37). Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 382.

93) A. de Grammont, Bull. soc. fr. min. 1884, **7**, 235. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 640.

94) J. Grailich und V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **32**, 58.

### Monokline Modification.

Spec. Gew. 1,691 Retgers berechnet (s. S. 403).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}220:1:1{,}582;\quad \beta = 104^\circ 24'$ Marignac[95]).

Marignac erhielt aus übersättigter Lösung nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ tafelförmige Krystalle mit den weiteren Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, welche außerhalb der Lösung rasch trübe wurden und daher nur approximative Messungen gestatteten, auf Grund deren er sie für trigonal ($\varrho = \{111\}$, $c$ und $m = \{100\}$, vgl. Fig. 675, S. 432) hielt. Nach dem Vorgange von Kopp[96]), welcher zuerst die Isomorphie mit dem Eisenvitriol erkannte, sind die Elemente von Goßner berechnet worden.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | — | *61° 40′ ca. |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *61 40 » |
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *80 30 » |
| $m:c = (110):(001) =$ | 80° 45′ | 80 30 » |
| $\varrho':r = (\bar{1}01):(101) =$ | 74 47 | 73°—76° |

### Magnesiumchromat = $CrO_4Mg.7H_2O$.

Spec. Gew. 1,695 Topsøe und Christiansen[47]).
Rhombisch bisphenoïdisch.

$a:b:c = 0{,}9901:1:0{,}5735$ Murmann[97]).

Nach Murmann[97]) und Grailich[87]) (l. c. 24) zeigen die Krystalle die Combination Fig. 674 (S. 429); zu den Formen $m\{110\}$ und $o\{111\}$ treten noch häufig untergeordnet hinzu $\omega\{1\bar{1}1\}$ und undeutlich $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *89° 26′ |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *50 49 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.
Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, $b$ 1. Mittellinie; Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[47]):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für $C$: | $\alpha = 1{,}5131$ | $\beta = 1{,}5415$ | $\gamma = 1{,}5633$ | |
| » $D$: | 1,5211 | 5500 | 1,5680 | $2V = 75^\circ 28'$, $\varrho < v$. |

Nach Grailich und Lang[94]) ist der Diamagnetismus am stärksten parallel der Axe $b$.

### Ferrosulfat-Heptahydrat = $SO_4Fe.7H_2O$
(nat. Melanterit, Eisenvitriol).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1828:1:1{,}5427;\quad \beta = 104^\circ 15\frac{1}{2}'$ Zepharovich[98]).

Nach Rammelsberg[10]) zeigt das Salz sehr mannigfaltige Combinationen, deren einfachste die rhomboëderähnliche Fig. 675: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$;

95) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1857, (5) **12**, 50. Oeuvres **1**, 526.
96) Kopp, Annalen d. Chemie u. Pharm. 1868, **125**, 369.
97) Murmann, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1857, **27**, 174.
98) V. v. Zepharovich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1879, **79** (I), 189. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **4**, 107.

häufig treten hierzu $r\{101\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $b\{010\}$, $s\{103\}$; ferner werden noch angegeben: $\xi\{12\bar{1}\}$, $y\{211\}$, $x\{121\}$, $i\{112\}$, $t\{013\}$; s. Fig. 676, die Combination sämtlicher beobachteter Formen, deren Mehrzahl auch schon früher von Brooke[81]) gemessen wurde. Neuere sorgfältige Messungen stellte

Fig. 675.

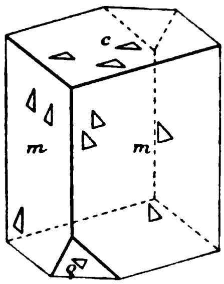



Fig. 676.

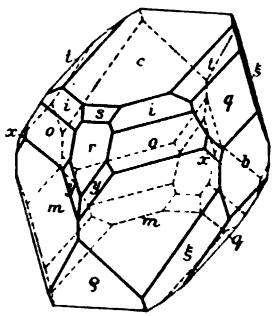
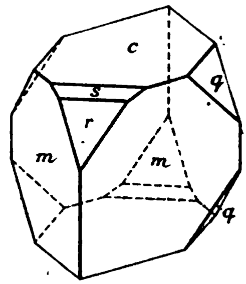



Fig. 677.




Zepharovich an, welcher folgende Formen beobachtete: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $s\{103\}$, $q\{011\}$ (Fig. 677), untergeordnet und selten: $\varrho\{10\bar{1}\}$, $t\{013\}$, $\xi\{12\bar{1}\}$, $b\{010\}$. An natürlichen Krystallen, besonders den von Zepharovich l. c. beschriebenen, welche ca. 25 Mol.-% $SO_4Mg.7H_2O$ enthielten, sind noch einige andere seltene Formen beobachtet worden.

| | Berechnet: | Beobachtet: Zepharovich: | Rammelsberg: | Brooke: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *82° 12′ | 82° 36′ | 82° 20′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *80 41 | 81 10 | 80 58 |
| $q:c = (010):(001) =$ | — | *56 13½ | 56 15 | 56 5 |
| $t:c = (013):(001) =$ | 26° 29½′ | 26 27 | — | 27 0 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 43 44 | 43 46½ | 44 10 | 43 50 |
| $s:c = (103):(001) =$ | 20 53 | 20 50½ | 21 18 | 21 0 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 61 46 | 61 35 ca. | 61 20 | 60 45 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 61 0 | — | 61 2 | — |
| $q:r = (011):(101) =$ | 66 19 | 66 20 | — | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | 56 7 | 56 5 | — | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 44 14½ | 44 15 | — | — |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 57 33½ | 57 35½ | — | — |
| $o:b = (111):(010) =$ | 50 43½ | — | 50 47½ | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 55 59½ | — | — | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 33 9½ | — | — | — |
| $i:b = (112):(010) =$ | 60 30½ | — | — | — |
| $i:m = (112):(110) =$ | 40 32 | 40 32 | — | — |
| $x:b = (121):(010) =$ | 31 26½ | — | — | — |
| $x:c = (121):(001) =$ | 67 51½ | — | — | — |
| $y:b = (211):(010) =$ | 63 37½ | — | — | — |
| $y:c = (211):(001) =$ | 60 47½ | — | — | — |
| $y:q = (211):(011) =$ | 50 9½ | — | — | — |
| $\xi:b = (12\bar{1}):(010) =$ | 25 37½ | 25 40 | — | — |
| $\xi':c = (\bar{1}21):(001) =$ | 78 11½ | 78 11 | — | — |
| $\xi:r = (\bar{1}21):(101) =$ | 96 38½ | 96 39½ | — | — |
| $\xi':q = (\bar{1}21):(011) =$ | 30 19½ | 30 15 | — | — |
| $\xi:m = (12\bar{1}):(110) =$ | 27 14½ | 27 12 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $m\{110\}$ deutlich.

Die Verwitterungsfiguren auf den verschiedenen Flächen bestimmte Pape[99]; Blasius[76]) wies nach, daß sich dieselben durch Verwitterung von Schichten $\| \varrho\{10\bar{1}\}$ erklären lassen. Nach Letzterem sind die durch absoluten Alkohol hervorgebrachten Ätzfiguren auf $c\{001\}$, $m\{110\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ Dreiecke, welche dem pseudorhomboëdrischen Charakter der Combination dieser Formen entsprechen (s. Fig. 675).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie (wenig dispergiert) bildet 62° 28′ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; Brechungsindices nach Erofejeff[100]):

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| für $Li$: | $\alpha = 1,4681$ | $\beta = 1,4748$ | $\gamma = 1,4824$ | $2V = 86°\ 48'$ ber. | 85° 31′ beob. |
| » $Na$: | 1,4713 | 1,4782 | 1,4856 | 88 48 » | 85 27 » |
| » Blau: | 1,4794 | 1,4861 | 1,4928 | 90 23 » | 85 23 » |

### Isomorphe Mischungen von $SO_4Fe.7HO_2$ und $SO_4Mg.7H_2O$.

Monoklin prismatisch.

a) 80% Eisen- und 20% Magnesiumsalz.

$a:b:c = 1,1814:1:1,5428$; $\beta = 104°\ 19\frac{1}{2}'$ Zepharovich[98]).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $s\{103\}$, $q\{01\bar{1}\}$, $b\{010\}$, selten $r\{101\}$ und $\xi\{12\bar{1}\}$; häufig verlängert nach einer Kante $\varrho:m$ oder nach der $b$- oder $c$-Axe.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $r:c$ | $=(101):(001)=$ | 43° 43½′ | 43° 25½′ approx. |
| $s:c$ | $=(103):(001)=$ | 20 53 | 20 55 |
| $\varrho':c$ | $=(\bar{1}01):(001)=$ | 61 51½ | 61 48 approx. |
| $q:c$ | $=(011):(001)=$ | 56 13 | 56 14 |
| $q:\varrho'$ | $=(011):(\bar{1}01)=$ | 74 45½ | 74 46½ |
| $m:c$ | $=(110):(001)=$ | — | *80 38 |
| $m:q$ | $=(110):(011)=$ | 44 14½ | 44 13 |
| $m:m'$ | $=(110):(\bar{1}10)=$ | — | *82 17 |
| $m:\varrho$ | $=(110):(10\bar{1})=$ | — | *60 58 |
| $m':q$ | $=(\bar{1}10):(011)=$ | 57 37½ | 57 38⅓ |
| $\xi':q$ | $=(\bar{1}21):(011)=$ | 30 22 | 30 17½ approx. |
| $\xi:m$ | $=(12\bar{1}):(110)=$ | 27 15½ | 27 21½ » |

b) 60% Eisen- und 40% Magnesiumsalz.

$a:b:c = 1,1799:1:1,5434$; $\beta = 104°\ 26'$ Zepharovich[98]).

Combination wie a), ohne $b\{010\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $s:c$ | $=(103):(001)=$ | 20° 51′ | 20° 45′ |
| $\varrho':c$ | $=(\bar{1}01):(001)=$ | 61 59½ | 61 59 |
| $q:c$ | $=(011):(001)=$ | 56 13 | 56 13 |
| $q:\varrho'$ | $=(011):(\bar{1}01)=$ | 74 51½ | 74 49½ |
| $q:s$ | $=(011):(103)=$ | 58 41½ | 58 35 approx. |
| $m:c$ | $=(110):(001)=$ | — | *80 33 |
| $m:q$ | $=(110):(011)=$ | 44 13 | 44 14 |
| $m:m'$ | $=(110):(\bar{1}10)=$ | — | *82 23 |
| $m:\varrho$ | $=(110):(10\bar{1})=$ | — | *60 55½ |
| $m':q$ | $=(\bar{1}10):(011)=$ | 57 43 | 57 41½ |
| $\xi':q$ | $=(\bar{1}21):(011)=$ | 30 25½ | 30 19 approx. |
| $\xi:m$ | $=(12\bar{1}):(110)=$ | 27 17½ | 27 27 » |

99) Pape, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1865, **125**, 532.

100) Erofejeff, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, **56** (II), 63.

## Ferroselenat-Heptahydrat = $SeO_4Fe.7H_2O$.

Monoklin prismatisch.

Das Salz wurde zuerst dargestellt von Wohlwill[12]) (l. c. 47), welcher angibt, daß dasselbe bei wenig über 0° in der Form des Eisenvitriols und zwar in ziemlich flächenreichen Combinationen krystallisiere, wegen der raschen Verwitterung der Krystalle aber nicht gemessen werden könne. Topsøe[46]) (l. c. 33) erhielt die einfache Combination: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ (Fig. 675) und teilt folgende approximative Winkelmessungen mit:

$$m:m' = (110):(\bar{1}10) = 82°20'$$
$$m:c = (110):(001) = 80\ 29$$
$$\varrho':c = (10\bar{1}):(001) = 60\ 51$$

## Nickelsulfat-Heptahydrat = $SO_4Ni.7H_2O$
(nat. Morenosit, Nickelvitriol).

Spec. Gew. 1,953 Goßner[79]), 1,955 Pettersson[40]), 1,949 Thorpe und Watts[66]).

Rhombisch bisphenoïdisch.

$$a:b:c = 0,9815:1:0,5656 \text{ Marignac}^{60})$$

Das zuerst von Brooke gemessene Salz erhielt Marignac (l. c. 238 bzw. 384) bei gewöhnlicher Temperatur (15°—20°) in Combinationen, ähnlich Fig. 673 S. 429), der Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $r\{101\}$, zu denen noch hinzutreten: $n\{120\}$, $q\{011\}$, $s\{201\}$ und $v\{211\}$, letzteres stets als Bisphenoïd $\{211\}$ oder $\{2\bar{1}1\}$.

In der Natur finden sich nur Aggregate nadelförmiger, nicht meßbarer Krystalle.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *88° 56' |
| $o:\omega = (111):(1\bar{1}1) =$ | 52° 12' | 52 10 |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *53 16 |
| $o:m = (111):(110) =$ | 51 5 | 51 3 |
| $n:b = (120):(010) =$ | 27 0 | 26 30 ca. |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 59 54 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | 69 8 | 69 30 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 58 58 | 58 40 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 69 50 | 69 45 |
| $q:r = (011):(101) =$ | 41 2 | — |
| $s:s = (201):(\bar{2}01) =$ | 98 6 | — |
| $s:m = (201):(110) =$ | 62 7 | 62 7 |
| $s:o = (201):(111) =$ | 31 56 | 31 35 |
| $v:a = (211):(100) =$ | 44 55 | 44 52 |
| $v:b = (211):(010) =$ | 69 40 | 69 37 |
| $v:m = (211):(110) =$ | 41 31 | 41 40 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Die Ätzfiguren sind nach Blasius[76]) ähnlich denen des Bittersalzes; besonders deutlich sind die mit Alkohol auf den Prismenflächen $m\{110\}$ erhaltenen, Paralleltrapeze, deren längste Seiten den Prismenkanten parallel sind, während die kürzeste abwechselnd oben und unten liegt.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, $b$ 1. Mittellinie; $2E = 64°24'$ rot, $63°45'$ violett (Des Cloizeaux[88]) l. c. 376). Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[47]):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für $D$: | $\alpha = 1,4669$ | $\beta = 1,4888$ | $\gamma = 1,4921$ | $2V = 41°56'$ |
| » $F$: | 1,4729 | 1,4949 | 1,4981 | |

Dufet[25]) fand bei Anwendung sehr reinen Salzes etwas höhere Werte:

für $D$: $\alpha = 1,4693$ $\beta = 1,4893$ $\gamma = 1,4923$ $2V = 41°54'$.

Der Paramagnetismus ist nach Grailich und Lang[94]) (l. c. 56) schwach, am stärksten parallel der $c$-Axe, am schwächsten in der $b$-Axe. Die Änderung der Magnetisierungsconstanten mit der Temperatur bestimmte Lutteroth[101]).

## Kobaltosulfat-Heptahydrat $= SO_4Co.7H_2O$

(nat. Bieberit, Kobaltvitriol).

Spec. Gew. 1,948 Goßner[79]), 1,958—1,964 Pettersson[40]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1815:1:1,5325$; $\beta = 104°40'$ Marignac[60]).

Brooke[81]) (l. c. 120) beschrieb die Combination (vgl. Fig. 676): $m\{110\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $t\{013\}$; Marignac (l. c. 245 bzw. 390) beobachtete die letzte Form nicht, dagegen $o\{111\}$, $s\{103\}$, $x\{121\}$, $\xi\{12\bar{1}\}$, $b\{010\}$, und zwar erschien $x$ größer und $b$ kleiner ausgebildet, als in Fig. 676 (S. 432).

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Brooke: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *82° 22′ | 82° 20′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *80 24 | 80 15 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *56 0 | 57 5 |
| $t:c = (013):(001) =$ | 26° 18′ | — | 27 15 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 43 22 | 43 20 | 44 5 |
| $s:c = (103):(001) =$ | 20 39 | 20 36 | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 61 51 | 61 49 | 61 7 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 61 7 | 61 9 | — |
| $q:r = (011):(101) =$ | 66 1 | 66 2 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | 56 2 | 56 4 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 44 11 | 44 10 | — |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 57 57 | 57 54 | — |
| $s:m = (103):(110) =$ | 67 37 | 67 45 | — |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 74 42 | 74 50 | — |
| $s:q = (103):(011) =$ | 58 27 | 58 26 | — |
| $o:b = (111):(010) =$ | 50 57 | 50 55 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 55 38 | 55 40 | — |
| $x:b = (121):(010) =$ | 31 39 | 31 40 | — |
| $x:c = (121):(001) =$ | 67 35 | 67 30 | — |
| $x:\varrho = (121):(10\bar{1}) =$ | 82 5 | — | — |
| $\xi:b = (12\bar{1}):(010) =$ | 25 38½ | 25 41 | — |
| $\xi':c = (\bar{1}21):(001) =$ | 78 13 | 78 0 | — |
| $\xi':r = (\bar{1}21):(101) =$ | 96 31 | 96 26 | — |
| $\xi:\varrho = (12\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 64 22 | 64 20 | — |
| $\xi:m = (12\bar{1}):(110) =$ | 27 27 | 27 29 | — |

101) Lutteroth, Wiedemanns Ann. d. Physik 1898, **66**, 1081. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **33**, 166.

### Kobaltoselenat-Heptahydrat = $SeO_4Co.7H_2O$.

Spec. Gew. 2,135 Topsøe[46]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1833:1:1,5451$; $\beta = 104°57'$ Topsøe[46]).

Das von Mitscherlich zuerst dargestellte Salz krystallisiert nach Topsøe (l. c. 32) bei 4°—6° in Krystallen der Combination: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ (vgl. Fig. 675 S. 432) mit ziemlich großen Flächen von $q\{011\}$, untergeordnet und nicht immer vorhanden $b\{010\}$; zuweilen sind die Krystalle nach $c$ dicktafelig.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *82° 21' |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *80 13½ |
| $q:c = (011):(001) =$ | 56° 11' | 56 0 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *62 16 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 61 3 | 61 6½ |
| $q:m = (011):(110) =$ | 43 58 | 44 30 ca. |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 57 56 | 58 9 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 74 59 | 75 3 |

### Cuprisulfat-Heptahydrat = $SO_4Cu.7H_2O$
(nat. Boothit).

Spec. Gew. 2,1 ca. (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1622:1:1,5000$; $\beta = 105°36'$ Schaller (nat. Kryst.).

Dieses Salz scheidet sich nach Lecoq de Boisbaudran[18]) aus einer übersättigten Lösung von Kupfervitriol bei der Berührung mit einem Krystalle von Eisenvitriol ab. Die Krystallform ist nur durch die Messung zweier natürlicher Krystalle bekannt, an welchen Schaller[102]) folgende Formen beobachtete: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $q\{10\bar{1}\}$, $\zeta\{30\bar{1}\}$, $\pi\{11\bar{2}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\xi\{12\bar{1}\}$.

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$.

#### Isomorphe Mischung von $SO_4Cu.7H_2O$ mit $SO_4Ni.7H_2O$ im Mol.-Verh. 2,21:8,46.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1716:1:1,5480$; $\beta = 105°12'$ Dufet[103]).

Die Krystalle erhielt Dufet neben rhombischem Nickelvitriol und triklinem Kupfervitriol durch langsames Verdunsten einer gemischten Lösung. Combination: $c\{001\}$, $m\{110\}$, zuweilen untergeordnet noch $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $\xi\{12\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *82° 59' |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *80 0 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *56 9 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 62° 47' | 62 40 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 60 43 | 60 50 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 44 2 | 43 54 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 58 18 | 58 17 |
| $\xi':c = (\bar{1}21):(001) =$ | 78 35 | — |
| $\xi':q = (\bar{1}21):(011) =$ | 30 48 | 31 2 |

102) Schaller, Bull. Dept. Geol. Surv. Univ. Calif. 1903, 3, 191. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 41, 204.

103) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1888, 11, 217. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 18, 445.

**Isomorphe Mischung von $SO_4Cu . 7H_2O$ mit $SO_4Co . 7H_2O$ im Mol.-Verh. 2,08 : 3,56.**

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,1795 : 1 : 1,5001$; $\beta = 105^\circ 27'$ Dufet[103]).

Dargestellt wie vor. Combination: $c\{001\}$, $m\{110\}$, sehr klein $q\{011\}$ und $\xi\{12\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m' = (110) : (\bar{1}10) =$ | — | *82° 40′ |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *79 52 |
| $q : c = (011) : (001) =$ | — | *55 20 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 44° 8′ | 44 18 |
| $q : m' = (011) : (\bar{1}10) =$ | 58 50 | 58 9 ca. |
| $\xi' : c = (\bar{1}21) : (001) =$ | 78 7 | — |
| $\xi : q = (12\bar{1}) : (011) =$ | 51 24 | 50 50 ca. |
| $\xi : m = (12\bar{1}) : (110) =$ | 27 57 | 26 28 ca. |

Farbe durch $c\{001\}$ braungelb, durch $m\{110\}$ violett.

## Zinksulfat-Heptahydrat = $SO_4Zn . 7H_2O$

(nat. **Goslarit, Zinkvitriol**).

Spec. Gew. 2,008 Topsøe und Christiansen[47]), 1,976 Holker[104]), 1,974 Thorpe und Watts[66]).

Rhombisch bisphenoïdisch.

$a : b : c = 0,9804 : 1 : 0,5631$ Brooke[81]).

Bildet sich in Lösungen unter 30°. Die von Brooke gemessenen Krystalle hatten die Form der Bittersalzkrystalle Fig. 673 (S. 429) und zeigten die Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $r\{101\}$, außerdem noch $a\{100\}$ und $q\{011\}$. Rammelsberg[105]) teilte später einige Messungen mit und gibt an, daß $o$ und $\omega$ oft verschieden groß ausgebildet seien (in der Präparatensammlung der Univ. München befinden sich auch Krystalle der Combination Fig. 674).

Die natürlichen Krystalle sind unvollkommene Nadeln, meist tritt das Mineral derb in Stalaktiten auf.

| | Berechnet: | Beobachtet: Brooke: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *88° 53′ | 89° 22′ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *58 46 | — |
| $r : r = (101) : (\bar{1}01) =$ | 59° 44′ | 60 0 | — |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 69 55 | — | — |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 69 11 | — | — |
| $q : r = (011) : (101) =$ | 40 55 | — | — |
| $o : a = (111) : (100) =$ | 63 25 | — | 63 30 |
| $o : b = (111) : (010) =$ | 63 58 | — | 63 0 |
| $o : m = (111) : (110) =$ | 51 11 | 51 2 | 50 25 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$; Axe $b$ 1. Mittellinie; $2E = 70^\circ 23'$ für $D$, $\varrho > v$ (Des Cloizeaux[88]) l. c. 376); Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[47]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\lambda$ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| für $C$: | $\alpha = 1,4544$ | $\beta = 1,4776$ | $\lambda = 1,4812$ | — | — |
| » $F$: | 1,4568 | 1,4801 | 1,4836 | $2V = 46^\circ 14'$ | $2E = 71^\circ 3'$ |
| » $D$: | 1,4620 | 1,4860 | 1,4897 | — | — |

104) Holker, Philos. Magaz. (3) **27**, 213.

105) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-physikal. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 416.

Dufet[25]) fand folgende Werte:

für $D$: $\alpha = 1,45683$ $\beta = 1,48010$ $\gamma = 1,48445$ $2E = 70^\circ 54'$.

Diamagnetismus kräftig, am stärksten in der $c$-Axe, am schwächsten in der $b$-Axe (Grailich und Lang[94]) l. c. 57). Die Änderung der Magnetisierungsconstante bestimmte Lutteroth[101]).

Die Verwitterungserscheinungen beschrieb Pape[99]) (l. c. 546).

### Tetrammin-Cuprisulfat-Monohydrat = $SO_4Cu.4NH_3.H_2O$.

Spec. Gew. 1,81 Johnsen[106]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,5903:1:0,8892$ Marignac[63]).

Marignac (l. c. 26 bzw. 454) beobachtete die Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $x\{112\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $t\{021\}$, $u\{023\}$, selten $w\{012\}$. Prismatisch verlängert nach der $a$-Axe; die entsprechende Zone, in der $b$ und $t$ vorherrschen, ist stark horizontal gestreift. Entsprechend dem pseudohexagonalen Charakter wurde die Aufstellung von Marignac geändert. Manchmal Zwillinge nach $t\{021\}$. Einige Messungen und die Dichtebestimmung des leicht sich zersetzenden Salzes teilt Johnsen[106]) mit.

| | Berechnet: | Beobachtet: | |
|---|---|---|---|
| | | Marignac: | Johnsen: |
| $b:m = (010):(110)$ | $= 59^\circ 27'$ | $59^\circ 27'$ | $59^\circ 27\frac{1}{2}'$ |
| $b:q = (010):(011)$ | $= 48\ 22$ | 48 20 | 48 27 |
| $m:x = (110):(112)$ | = — | *48 50 | — |
| $b:t = (010):(021)$ | $= 29\ 21$ | 29 22 | 29 22 |
| $b:u = (010):(023)$ | $= 59\ 21$ | 59 10 | — |
| $b:w = (010):(012)$ | $= 66\ 2$ | 66 30 | — |
| $b:o = (010):(111)$ | $= 63\ 49$ | 63 40 | — |
| $x:x = (112):(1\bar{1}2)$ | = — | *39 6 | — |
| $c:o = (001):(111)$ | $= 60\ 14$ | 60 22 | — |
| $o:'o = (111):(1\bar{1}\bar{1})$ | $= 83\ 15$ | 83 25 | — |
| $x:x' = (112):(\bar{1}12)$ | $= 69\ 4$ | 69 0 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen (Johnsen).

Axe $c$ ist 1. Mittellinie der optischen Axen.

Farbe tiefblau mit starkem Pleochroïsmus: Violett—Blau (Johnsen).

### Tetrammin-Platosulfat = $SO_4Pt.4NH_3$.

Tetragonal. $a:c = 1:1,0278$ Topsøe[54]).

Beobachtete Formen: $o\{111\}$, $c\{001\}$, $r\{201\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $x\{113\}$. Nordenskiöld[56]) (l. c. 9) untersuchte oktaëderähnliche Krystalle, $o$ mit untergeordneten $c$ und $r$, dargestellt von Cleve. Die nach dem Verfahren von Peyrone erhaltenen, von Topsøe[54]) (l. c. 17) gemessenen Krystalle zeigten außerdem noch $x$ und waren häufig tafelig nach $c$. Sella[107]) beobachtete sowohl oktaëdrische Krystalle mit vorherrschendem $o$ und untergeordneten $c$ und $r$ als auch prismatische Krystalle mit vorherrschendem $a$ und schmalem $m$; als Endflächen treten vorherrschend $r$ und $c$ auf, während $o$ nur schmal die

106) Johnson, N. Jahrb. f. Min. usw. 1903, 2, 120. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 41, 528.

107) Qu. Sella, Mem. R. Accad. d. sc. di Torino 1858, (2) 17, 347.

Polkanten von $r$ abstumpft. Am einen Ende ist oft nur $c$ vorhanden, oder es sind die anderen Flächen verschieden stark entwickelt, so daß Sella Hemimorphie vermutet. Die prismatischen Krystalle zeigen oft Zwillingsbildung nach $\{\bar{7}03\}$. Die pyramidalen Krystalle wurden nach der Darstellungsmethode von Peyrone erhalten, die prismatischen nach der von Reiset.

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Sella: | Nordenskiöld: |
|---|---|---|---|---|
| $o : o_{,} = (111) : (11\bar{1})$ = | — | *69° 12′ | 68° 59′ | 69° 4½′ |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1)$ = | 71° 11½′ | 71 6 | 71 15 | 71 19 |
| $o : r = (111) : (201)$ = | 39 27½ | 39 23 | 39 30 | 39 ca. |
| $r : r = (201) : (20\bar{1})$ = | 52 0 | — | 51 52 | — |
| $c : x = (001) : (113)$ = | 25 47½ | 25 10 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $o\{111\}$ unvollkommen. Doppelbrechung negativ.

## Basische Sulfate und Chromate zweiwertiger Metalle.

**Dicuprisulfat** (Dolerophanit) $= SO_4 . Cu_2O$ und **Dibleisulfat** (Lanarkit) $= SO_4 . Pb_2O$ krystallisieren beide monoklin, scheinen aber nicht isomorph zu sein. Das Mineral Phönicit (Melanochroït) $= (CrO_4)_2Pb . Pb_2O$ ist nicht in meßbaren Krystallen beobachtet worden, und auch bei der mehrfach ausgeführten künstlichen Darstellung wurden solche nicht erhalten; mit dem Namen Vauquelinit wurde ein ebenfalls nicht deutlich krystallisiertes Mineral bezeichnet, welches z. T. die Zusammensetzung eines kupferhaltigen Phönicites besitzt, z. T. aber eine Verbindung mit einem Phosphate darstellt.

Während in den eben erwähnten Körpern die zweiwertigen Atomgruppen $—Cu—O—Cu—$ und $—Pb—O—Pb—$ anzunehmen sind, werden in den folgenden Verbindungen die Valenzen der Metalle z. T. durch Hydroxyl gesättigt. Das monoklin krystallisierende Mineral Linarit (Bleilasur) ist ein **Cupribleihydroxysulfat**, dessen Zusammensetzung durch die Formel $SO_4Pb . Cu(OH)_2$ ausgedrückt werden kann. Noch basischer sind die sowohl natürlich vorkommenden, als auch künstlich dargestellten Salze **Tricupridihydroxysulfat** (Stelznerit) $= SO_4Cu . 2Cu(OH)_2$ und **Tetracuprihexahydroxysulfat** (Brochantit) $= SO_4(Cu . OH)_2 . 2Cu(OH)_2$, welche beide rhombisch krystallisieren. Ferner finden sich noch folgende überbasische und Krystallwasser enthaltende Kupfer- bzw. Kupfercalciumsulfate krystallisiert in der Natur: der rhombische Langit $= SO_4(Cu . OH)_2 . 2Cu(OH)_2 . H_2O$, der monokline Herrengrundit (Urvölgyït) $= 2SO_4(Cu . OH)_2 . Ca(OH)_2 . 3H_2O$ und der wahrscheinlich rhombische Kamarezit $= SO_4(Cu . OH)_2 . Cu(OH)_2 . 6H_2O$, von welchem nur das Verhältnis $b : c = 1 : 0,601$ bekannt ist.

Endlich ist noch ein krystallwasserhaltiges chromsaures Salz untersucht worden, das monokline **Dicalciumdihydroxychromat-Dihydrat** $= CrO_4(Ca . OH)_2 . 2H_2O$.

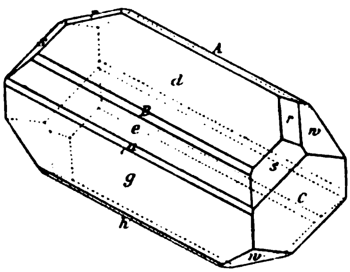
### Dicuprisulfat (nat. Dolerophanit) = $SO_4 . Cu_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,323:1:1,203$; $\beta = 108^\circ 31'$ Strandmark[1]).

Die von Strandmark untersuchten Krystalle hatten sich in den Spalten der Sohle eines Flammenofens, in welchem Cementkupfer eingeschmolzen wurde, gebildet und zeigten die Combination Fig. 678, in welcher die von Scacchi für die natürlichen Krystalle gewählte Buchstabenbezeichnung beibehalten ist: $d\{001\}$, $g\{100\}$, $e\{101\}$, $C\{010\}$, $w\{\bar{1}11\}$, $s\{011\}$, $r\{\bar{1}12\}$, $A\{\bar{1}01\}$, $B\{103\}$, $\mu\{701\}$, $h\{11.0.\bar{3}\}$.

Fig. 678.



Das Mineral zeigt nach Scacchi vorherrschend $B\{103\}$ und $A\{\bar{1}01\}$, dann folgen nach der Größe ihrer Ausbildung die Formen: $n\{\bar{2}33\}$, $d\{001\}$, $s\{011\}$, $C\{010\}$, $e\{101\}$, $f\{301\}$, $g\{100\}$, $p\{\bar{1}14\}$, $r\{\bar{1}12\}$, $m\{\bar{7}69\}$?, $t\{110\}$, $q\{112\}$, $\tau\{\bar{1}\bar{1}.8.3\}$?.

| | Berechnet: | Beobachtet: Strandmark: | Scacchi: |
|---|---|---|---|
| $d:g = (001):(100)$ | = — | *71° 29′ | 71° 45′ |
| $d:\mu = (001):(701)$ | = 63° 25′ | 63 30 | — |
| $d:e = (001):(101)$ | = 33 47 | 34 2 | 34 19 |
| $d:B = (001):(103)$ | = 14 42 | 15 37 | 14 59 |
| $d:A = (001):(\bar{1}01)$ | = — | *50 28 | 51 9 |
| $d:h = (001):(\bar{1}\bar{1}.0.3)$ | = 91 3 | 90 38 | 91 9 |
| $d:s = (001):(011)$ | = — | *48 45 | — |
| $g:w = (100):(\bar{1}11)$ | = 111 45 | 111 41 | — |
| $A:s = (\bar{1}01):(011)$ | = 65 11 | 64 50 | 65 41 |
| $A:r = (\bar{1}01):(\bar{1}12)$ | = 38 7 | 37 36 | 38 16 |

Spaltbarkeit nach $d\{001\}$ sehr vollkommen.

Ebene der optischen Axen $C\{010\}$; eine deutlich dispergierte Mittellinie nahe $\perp d\{001\}$; Axenwinkel in Glas 85° ca., $\varrho > v$. Die Spaltungslamellen zeigen für Schwingungen parallel der $b$-Axe dunkel orangegelb bis rotbraun, $\parallel \{010\}$ citrongelb bis dunkel braungelb.

### Dibleisulfat (nat. Lanarkit) = $SO_4 . Pb_2O$.

Spec. Gew. 6,923 Schulten[2]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,8681:1:1,3836$; $\beta = 91^\circ 49'$ Schrauf (nat. Kryst.).

Schulten erhielt durch langsame Diffusion der Lösungen von basischem Bleiacetat und Natriumsulfat glänzende Nadeln, gebildet von $a\{100\}$, $c\{001\}$, $u\{103\}$ mit nicht meßbaren Endflächen ($\{131\}$?).

Die natürlichen Krystalle zeigen dieselben Formen mit den Endflächen $\{131\}$ und anderen mit complicierten Symbolen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ | = 87° 45′ | 88° 11′ |
| $u:a = (100):(103)$ | = 60 0 ca. | 60 36 |

1) Strandmark, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **36**, 456.

2) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1898, **21**, 142. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 639.

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark (0,03 nach Schulten); Axenebene $b\{010\}$; Axenwinkel in Öl für Rot: 65° 3′, für Grün: 63° 55′ nach Pisani (nat. Kryst.).

### Cupribleihydroxysulfat (nat. Linarit) = $SO_4Pb.Cu(OH)_2$.

Spec. Gew. 5,3—5,4 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,7161:1:0,8296$; $\beta = 102°37'$ Kokscharow (nat. Kryst.).

Nach Dudgeon[3]) sollen Krystalle in den Schlacken einer vielleicht antiken Schmelzhütte diesem Minerale angehören. Die natürlichen Krystalle zeigen nach der $b$-Axe prismatische Combinationen von $\{001\}$, $\{100\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{302\}$, $\{20\bar{1}\}$ und mannigfachen Endflächen.

Spaltbarkeit nach $\{100\}$ sehr vollkommen, nach $\{001\}$ weniger gut.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 24° im spitzen Winkel $\beta$, Axenwinkel in Öl für Gelbrot: 106°21′, für Blau: 110°12′, für $Na$: $2V = 79°59'$, $\alpha = 1,8090$, $\beta = 1,8380$, $\gamma = 1,8593$. Farbe blau mit schwachem Pleochroïsmus (Brugnatelli).

### Tricupridihydroxysulfat = $SO_4Cu.2Cu(OH)_2$ (nat. Stelznerit).

Spec. Gew. 3,88 (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,4971:1:0,6881$ Miers[4]).

Die von Shenstone[4]) durch Erhitzen einer Kupfervitriollösung auf 200° im geschlossenen Rohre dargestellten Krystalle sind nach Miers prismatische Combinationen von $m\{110\}$, $a\{100\}$, $n\{320\}$, $b\{010\}$, $k\{021\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$ und (einmal beobachtet) $x\{461\}$.

Die natürlichen Krystalle sind ebenfalls prismatisch und zeigen die Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $q\{011\}$ und $c\{001\}$. Die Messung derselben führte Arzruni zu den Elementen $a:b:c = 0,5037:1:0,7058$; während die Winkelwerte mit diesen gut übereinstimmen, ist die Differenz gegen die an den künstlichen Krystallen gefundenen ziemlich bedeutend. Wahrscheinlich sind die an dem Minerale gewonnenen Elemente die genaueren.

| | Berechnet: | Beobachtet: | Nat. Kryst.: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *52° 52′ | 53° 28′ |
| $n:n = (320):(3\bar{2}0) =$ | 36° 40′ | 36 35 | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 69 4 | 70 2 | 69 46 |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1) =$ | 108 0 | 106 54 | — |
| $k:m = (021):(110) =$ | 68 53 | 70 46 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | — | 44 23 |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *41 15 | 41 34½ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | — | 56 51½ |
| $x:m = (461):(110) =$ | 12 38 | 11 12 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ unvollkommen (Miers).

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$, zu $m\{110\}$ je eine optische Axe nahe senkrecht. Farbe smaragdgrün, Schwingungen ‖ Axe $c$ mehr gelblich, $\perp$ dazu mehr blaugrün (Arzruni).

3) Dudgeon, Mineral. Magaz. 1882, **5**, 33. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **7**, 202.

4) Shenstone (kryst. Unters. v. Miers), Journ. Chem. Soc. London 1885, **47**, 377. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 78.

**Tetracuprihexahydroxysulfat = $SO_4(Cu.OH)_2.2Cu(OH)_2$**
(nat. Brochantit).

Spec. Gew. 3,8—3,9 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,7739:1:0,4871$ Kokscharow (nat. Kryst.).

Dieses überbasische Kupfersulfat ist mehrfach dargestellt worden, aber niemals in bestimmbaren Krystallen. Als Mineral bildet es kleine tafelige und prismatische Krystalle mit den Formen: {010}, {110}, {100}, {120}, {001}, {101}, {201}, {012} u. a.

Spaltbarkeit nach {010} sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene || {100}, $b$ 1. Mittellinie, $2H = 95^\circ$—$96^\circ$.

**Cuprihydroxysulfat-Monohydrat (Langit) = $SO_4(Cu.OH)_2.2Cu(OH)_2.H_2O$.**

Spec. Gew. 3,48—3,50 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,5347:1:0,6346$ Maskelyne (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet kleine Krystalle der Comb. {100}, {010}, {001}, {110}, {021}, Zwillinge nach {110}.

Spaltbarkeit nach {001} und {010}.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}; 1. Mittellinie Axe $c$.

**Calciumcuprihydroxysulfat-Trihydrat (Herrengrundit) = $2SO_4(Cu.OH)_2.Ca(OH)_2.3H_2O$.**

Spec. Gew. 3,132 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,8161:1:2,8004$; $\beta = 91^\circ 10'$ Březina (nat. Kryst.).

Sechsseitige Täfelchen nach $c${001} mit zahlreichen Randflächen; Zwillinge nach {001}.

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene ungefähr || {100}; 1. Mittellinie nahe ⊥ {001}; $2E = 59^\circ 2'$ $Li$, $65^\circ 18'$—$66^\circ 53'$ $Na$, $68^\circ 39'$ $Tl$. Deutlicher Pleochroïsmus (gelbgrün—blaugrün).

**Dicalciumdihydroxychromat-Dihydrat = $CrO_4(Ca.OH)_2.2H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0311:1:0,6500$; $\beta = 98^\circ 13'$ Foullon[5]).

Das Salz entsteht nach Foullon in einer verdünnten Chromsäurelösung nach dem Zufügen von mehr Calciumcarbonat, als zur Bildung des normalen Chromates nötig ist, in citrongelben Prismen $m${110}, $a${100}, an deren Enden entweder $o${$\bar{1}$11} oder $c${001} vorherrscht; selten tritt dazu $i${$\bar{1}$12}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *81° 47′ |
| $a:m = (100):(110) =$ | 45° 35′ | 45 45 |
| $c:m = (001):(110) =$ | 84 15½ | 84 23 |
| $c:o = (001):(\bar{1}11) =$ | — | *44 35 |
| $a:o = (\bar{1}00):(\bar{1}11) =$ | 67 33 | 67 32 |
| $m:o = (\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 51 9½ | 51 2 |
| $o:o = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | — | *60 31 |
| $c:i = (001):(\bar{1}12) =$ | 23 31 | 24 9 |

5) H. von Foullon, Jahrb. d. geol. Reichsanst. Wien 1890, **40**, 423. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 390.

## Verbindungen von Sulfaten, Chromaten usw. zweiwertiger Metalle mit Halogeniden, Jodaten, Carbonaten und Silicaten.

Das Mineral Kainit, dessen Bildungsverhältnisse durch van't Hoff und Meyerhoffer[1]) eingehend studiert worden sind, ist **Magnesiumsulfat-Kaliumchlorid-Trihydrat** $= SO_4Mg.KCl.3H_2O$ und krystallisiert monoklin; nach den Versuchen von Schulten[2]) existiert weder die entsprechende Bromverbindung, noch ein Ammonium-Kainit. Andere hierher gehörige, aber sehr seltene Mineralien sind: der rhombische Arzrunit, eine Verbindung von **Dibleisulfat** mit **Cuprihydroxychlorid-Trihydrat**, deren Formel geschrieben werden kann: $SO_4(Pb_2O).2Cu_2Cl_3(OH).3H_2O$, und der hexagonale Connellit, ein überbasisches **Cuprichlorosulfathydrat** von der empirischen Zusammensetzung: $SO_{16}Cl_4Cu_{15}.15H_2O$, in welcher aber ca. $\frac{1}{8}$ des $Cl$ durch $OH$ vertreten ist.

Ein ebenfalls chemisch isoliert stehendes Mineral ist der monokline Dietzeït, **Calciumjodatochromat** $= 8CrO_4Ca.7(JO_3)_2Ca$.

Verbindungen mit Carbonaten sind nur wenige bekannt: der Leadhillit, ein **Bleihydroxycarbonatosulfat** $= SO_4Pb.(CO_3)_2Pb(Pb.OH)_2$, dessen monokline, aber ausgezeichnet pseudohexagonale Krystalle beim Erwärmen eine Zunahme der darin auftretenden Zwillingslamellierung und einen Übergang zu optischer Einaxigkeit zeigen; es handelt sich hier jedenfalls um einen polysymmetrischen, monoklin und trigonal krystallisierenden Körper. Das zweite hierher gehörige Mineral, der Caledonit, ist ein **Cupriblei-hydroxycarbonatosulfat**, welches wahrscheinlich die Zusammensetzung $5(SO_4)_4Pb(Pb.OH)_6.2(CO_3)_4Cu(Cu.OH)_6$ hat und rhombisch krystallisiert. Eine unter dem Namen »Beresovit« beschriebene basische Verbindung von Bleichromat mit Bleicarbonat ist nicht in deutlichen Krystallen gefunden worden.

Ein in hexagonalen Prismen ohne Endflächen krystallisiertes Mineral, Thaumasit, enthält 1 Mol. $SO_4Ca$, 1 Mol. $CO_3Ca$, 1 Mol. $SiO_3Ca$ und 15 Mol. $H_2O$, von welchen zwei erst in höherer Temperatur abgespalten werden, daher die Verbindung diese wahrscheinlich als Hydroxyl enthält.

Uranotil (Uranophan) ist eine Verbindung von uransaurem und kieselsaurem Calcium von der empirischen Zusammensetzung: $Si_2U_2O_{11}Ca.5H_2O$; das Mineral krystallisiert triklin.

### Magnesiumsulfat-Kaliumchlorid-Trihydrat $= SO_4Mg.KCl.3H_2O$
(nat. Kainit).

Spec. Gew. 2,07—2,15 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,2186:1:0,5863$; $\beta = 94^\circ 54\frac{1}{2}'$ Groth (nat. Kryst.).

---

1) Van't Hoff und Meyerhoffer, Sitzungsber. Akad. Berlin 1901, 424; 1902, 1106. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1903, **34**, 145. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **38**, 169, 177; **41**, 686.

2) A. de Schulten, Bull. soc. chim. Paris 1897, (3) **17**, 165. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 179.

Schulten[3]) erhielt deutliche Krystalle mit den Formen {100}, {11$\bar{1}$}, {111}, {001}, {010} durch Eindampfen einer Lösung von $SO_4K_2 + SO_4Mg$ mit einem großen Überschusse von Magnesiumchlorid.

Die Combinationen der oft flächenreichen natürlichen Krystalle zeigen vorherrschend {001}, {111}, {11$\bar{1}$}.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen, nach {111} deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}, 1. Mittellinie, deutlich dispergiert, bildet mit der $c$-Axe 10¾° im spitzen Winkel $\beta$; $2V = 84°33'$ ($Na$), Dispersion schwach, $\varrho > v$.

**Dibleisulfat-Cuprihydroxychlorid-Trihydrat** (nat. Arzrunit) = $SO_4(Pb_2O).2Cu_2Cl_2(OH).3H_2O$.

Rhombisch bipyramidal (pseudohexagonal).

$a:b:c = 0,5773:1:0,4163$ Arzruni (nat. Kryst.).

Das seltene Mineral bildet kleine Krystalle von der Form eines hexagonalen Prismas mit einer Bipyramide und Basis; Comb.: {110}, {010}, {111}, {021}, {001}.

Ebene der optischen Axen {001} (durch {110} je ein Axenbild); Farbe blaugrün mit starkem Pleochroïsmus.

**Cuprichlorosulfathydrat** (Connellit) = $SO_{16}(Cl, OH)_4Cu_{15}.15H_2O$.

Spec. Gew. 3,36 (nat. Kryst.).

Dihexagonal bipyramidal.

$a:c = 1:1,1562$ Maskelyne (nat. Kryst.).

Dünne Nadeln, gebildet von {11$\bar{2}$0} und {10$\bar{1}$0} mit den Endflächen {10$\bar{1}$1}, {0001} und {11.2.$\bar{1}$3.3}.

Doppelbrechung positiv.

**Calciumjodatochromat** (Dietzeït) = $8CrO_4Ca.7(JO_3)_2Ca$.

Spec. Gew. 3,70 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3826:1:0,9515$; $\beta = 106°32'$ Osann (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet kleine Täfelchen nach {100} mit {110}, {010}, {001}, {10$\bar{1}$} u. a. Formen.

Spaltbarkeit nach {100} deutlich.

Ebene der optischen Axen $\perp$ {010}; Axenwinkel groß mit starker Dispersion.

**Bleihydroxycarbonatosulfat** (Leadhillit, Susannit) = $SO_4Pb.(CO_3)_2Pb(Pb.OH)_2$.

Spec. Gew. 6,3—6,4 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch (Leadhillit) bzw. trigonal (Susannit).

$a:b:c = 1,7515:1:2,2261$; $\beta = 90°28'$ Artini (nat. Kryst.).

Nach Bourgeois[4]) haben Friedel und Sarasin pseudohexagonale Krystalle vom Ansehen des natürlichen Leadhillit dargestellt durch Erhitzen von $SO_4Pb$ und $CO_3Pb$ mit Wasser auf 180° im geschlossenen Rohre. Spencer[5]) beschreibt teils optisch einaxige, teils zweiaxige Krystalle, welche sich in alten Bleischlacken gebildet hatten.

---

3) A. de Schulten, Compt. rend. 1890, 111, 928. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 20, 638.

4) Bourgeois, Réprod. artif. d. minér. (Encycl. chim. II, 1. App., Paris 1884), 153. Das dort angegebene Citat ist nicht richtig und die betr. Originalpublication nicht aufzufinden.

5) Spencer, Brit. Assoc. Report 1898, 875. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 32, 286.

Die oft sehr flächenreichen natürlichen Krystalle zeigen einen ausgeprägt pseudohexagonalen Habitus, indem außer dem meist vorherrschenden $c\{001\}$ gleich groß ausgebildet sind $\{110\}$ und $\{100\}$, ferner $\{111\}$ und $\{201\}$ mit $\{\bar{2}01\}$ usf. Zwillingsbildung wurde beobachtet nach $\{110\}$, $\{310\}$ und nach $[110]$ als Zwillingsaxe. Scheinbar trigonale Krystalle wurden als Susannit beschrieben.

Spaltbarkeit nach $\{001\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $5\frac{1}{2}^{\circ}$ im spitzen Winkel $\beta$; $2E = 20^{\circ}32'$ rot, $22^{\circ}22'$ blau; der Axenwinkel nimmt mit steigender Temperatur rasch ab und wird zwischen $100^{\circ}$ und $300^{\circ}$ Null; einaxige Partien finden sich auch in manchen Krystallen des Minerales.

### Cupribleihydroxycarbonatosulfat (Caledonit) = $5(SO_4)_4Pb(Pb.OH)_6.2(CO_3)_4Cu(Cu.OH)_6$.

Spec. Gew. 6,4 (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}9187:1:1{,}4041 \text{ Busz (nat. Kryst.).}$$

Das Mineral bildet nach der $a$-Axe prismatische Krystalle mit den Formen: $\{010\}$, $\{001\}$, $\{021\}$, $\{011\}$, $\{012\}$, $\{013\}$ usw. mit den Endflächen $\{110\}$, $\{111\}$ usw.

Spaltbarkeit nach $\{001\}$ vollkommen, nach $\{100\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\{100\}$; $2V = 82^{\circ}37'$ rot, $83^{\circ}3'$ blau, $\beta = 1{,}846$ rot, $1{,}864$ blau (Des Cloizeaux nat. Kryst.).

### Calciumsilicato-Uranat (Uranotil) = $Si_2U_2O_{11}Ca.5H_2O$.

Spec. Gew. 3,8—3,9 (nat. Kryst.).

Triklin pinakoïdal.

$$a:b:c = 0{,}6257:1:0{,}5943 \text{ Pjatnitzky (nat. Kryst.).}$$
$$\alpha = 87^{\circ}41', \quad \beta = 85^{\circ}18', \quad \gamma = 96^{\circ}31'.$$

Das Mineral bildet kleine Nadeln, an welchen $\{100\}$ und $\{010\}$ vorherrschen.

Spaltbarkeit nach $\{111\}$ vollkommen.

Farbe citron- bis schwefelgelb mit sehr schwachem Pleochroïsmus.

## Normale und saure Sulfate, Chromate usw. dreiwertiger Metalle, deren Hydrate und Ammoniakverbindungen.

Das einzige wasserfreie Sulfat, über welches krystallographische Angaben vorliegen, ist das grüne Cariussche Salz, **Manganisulfat** = $(SO_4)_3Mn_2$, welches nach Thaddeef[1]) stark pleochroïtische, wahrscheinlich monokline Tafeln von 88° nach $\{001\}$, begrenzt von $\{110\}$, und nach derselben Form spaltbar, bildet.

Die normalen molybdänsauren und wolframsauren Salze von Cer und Didym wurden von Cossa[2]) dargestellt und zwar in tetragonalen Bipyra-

---

1) Thaddeef, Zeitschr. f. Krystall. 1892, **20**, 351.

2) Cossa (Mess. v. Qu. Sella, Friedel u. La Valle), Mem. Accad. Lincei, Rom 1878, (3) **3**. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **3**, 447, 631. Compt. rend. 1884, **98**, 990; Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 192. Rendic. Accad. Lincei Rom 1886, (2) I, 320; Gazz. chim. **16**, 234. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 299.

miden, deren Winkel sehr nahe mit denen des Scheelites (S. 383) übereinstimmen; er betrachtete sie deshalb als isomorph mit dem letzteren und diese Isomorphie als einen Beweis für die Zweiwertigkeit der darin enthaltenen Metalle; an den Krystallen wurden folgende Winkel beobachtet:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $(MoO_4)_3Ce_2$: | $(111):(1\bar{1}1) = 80°10\frac{1}{2}'$, | $(111):(11\bar{1}) = 48°50'$ | La Valle | (49°27′ Scheelit). |
| $(MoO_4)_3Di_2$: | 79 46 | 49 6 | Friedel | |
| $(WoO_4)_3Di_2$: | — | 49 40 | Sella | |

Es wurden auch Mischkrystalle der gleichen Form von $(MoO_4)_3Di_2$ mit $28\frac{1}{2}$% $MoO_4Pb$ beobachtet. Ob hier wirklich eine isomorphe Vertretung von $2R'''$ durch $3R''$ stattfindet, müssen natürlich weitere Untersuchungen lehren. Wolframsaures Wismut gibt Michel[3]) an, krystallisiert erhalten zu haben, teilt aber keine nähere Untersuchung desselben mit.

Die Mehrzahl der hierher gehörigen Sulfate usw. ist wasserhaltig, und zwar handelt es sich hauptsächlich um Salze der sog. seltenen Erden. Den niedrigsten Wassergehalt besitzt von diesen das Cerosulfat $(SO_4)_3Ce_2.4H_2O$, welches Wyrouboff[4]) in stark doppeltbrechenden Nadeln mit paralleler Auslöschung und großem Axenwinkel durch Verwitterung des Hydrates mit $8H_2O$ erhielt. **Praseodymsulfat-Pentahydrat** = $(SO_4)_3Pr_2.5H_2O$ krystallisiert monoklin; damit ist wohl isomorph das von Cleve dargestellte und von Morton[5]) gemessene **Didymselenat-Pentahydrat** = $(SeO_4)_3Di_2.5H_2O$, welches rosenrote Prismen von 69° 24′, mit Abstumpfung der scharfen Kanten und nahe paralleler Auslöschung, ohne deutliche Endflächen, bildet (spec. Gew. 3,681), jedenfalls aber **Cerosulfat-Pentahydrat** = $(SO_4)_3Ce_2.5H_2O$, dessen Krystalle genau dieselbe Ausbildung zeigen, wie die des Praseodymsalzes; auffallend sind die Differenzen, welche die Messungen verschiedener Autoren bei diesem Körper ergeben haben. Ob die von Bodman[6]) dargestellten Mischkrystalle von der Zusammensetzung $(SO_4)_3(La, Bi)_2.5H_2O$ ebenfalls dieser isomorphen Gruppe angehören, ist mangels einer krystallographischen Untersuchung derselben nicht zu entscheiden.

Das Cerosulfat bildet außer den beiden genannten Hydraten noch Verbindungen mit 8, 9 und 12 Mol. $H_2O$; die Bedingungen, unter welchen diese entstehen, hat besonders Koppel[7]) eingehend studiert. Von ihnen ist das **Cerosulfat-Oktohydrat** = $(SO_4)_3Ce_2.8H_2O$ am leichtesten zu erhalten; es krystallisiert triklin, aber in Doppelzwillingen, welche vollkommen die Form rhombisch-bipyramidaler Combinationen besitzen und daher ohne optische Untersuchung mehrfach als solche betrachtet worden sind; außer-

3) Michel, Bull. soc. fr. min. 1879, **2**, 143.

4) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 36. Bull. soc. chim. (3) **25**, 105. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 188. S. auch Koppel, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904, **41**, 388.

5) Morton, Öfvers. K. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1885, **6**, 189. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **12**, 518.

6) Bodman, Bihang t. K. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1900, **26**, II, Nr. 3. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 192.

7) Koppel, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904, **41**, 382.

dem wurde aber von Rammelsberg[8]) ein monoklines Salz beschrieben, für welches er die gleiche Formel annahm, weil dessen Krystallform mit derjenigen des Didymsalzes $(SO_4)_3Di_2.8H_2O$ sehr nahe übereinstimmte; die rötlichgelbe Farbe dieses Salzes, von welchem keine Analyse publiciert ist, deutet darauf hin, daß dasselbe durch Cerisulfat verunreinigt war; seine Form spricht aber in der Tat dafür, daß es mit den folgenden Sulfaten isomorph ist, und daher wird es hier trotz der Unsicherheit seiner chemischen Zusammensetzung vorläufig als eine zweite Modification betrachtet und ihm die entsprechende Aufstellung gegeben. Selbstverständlich kann nur durch eine erneute Darstellung und Untersuchung die Frage der Dimorphie des Salzes $(SO_4)_3Ce_2.8H_2O$ entschieden werden. Die Untersuchung der flächenreichen monoklinen Krystalle des eben erwähnten Didymsalzes durch Marignac[9]) bildete den Ausgangspunkt der Erforschung einer ausgezeichneten isomorphen Gruppe von Salzen der angegebenen Zusammensetzung, welche die verschiedenen, später erst getrennten dreiwertigen Metalle der seltenen Erden enthalten, deren gegenseitige isomorphe Vertretung in dieser Gruppe besonders vollständig erkannt worden ist. Nach dem Vorgange fast aller Beobachter wurde die zuerst von Marignac gewählte Aufstellung der Krystalle auch hier beibehalten. Die in Rede stehenden Salze sind die folgenden: **Yttriumsulfat-Oktohydrat** = $(SO_4)_3Y_2.8H_2O$ und **Yttriumselenat-Oktohydrat** = $(SeO_4)_3Y_2.8H_2O$; **Praseodymsulfat-Oktohydrat** = $(SO_4)_2Pr_2.8H_2O$; jedenfalls ist damit auch das **Praseodymselenat-Oktohydrat** = $(SeO_4)_3Pr_2.8H_2O$ isomorph, von welchem Söderström[10]) angibt, daß es in monoklinen Combinationen {110}, {100}, {010}, {011} mit den Axenverhältnissen 1,2735 : 1 : 1,4331, $\beta = 95^\circ 26'$, und der Ebene der optischen Axen $\perp$ {010} krystallisiere; da jedoch keine Winkelwerte mitgeteilt werden, ist es nicht möglich, die untersuchten Krystalle in unzweideutiger Weise auf die für die übrigen Salze angenommene Stellung zu beziehen. Ferner gehören derselben Gruppe an: **Neodymsulfat-Oktohydrat** = $(SO_4)_3Nd_2.8H_2O$ und die isomorphen Mischungen dieses mit dem Praseodymsalze, welche früher als **Didymsulfat-Oktohydrat** = $(SO_4)_3Di_2.8H_2O$ bezeichnet wurden und meist vorwiegend aus Neodymsalz bestehen; das entsprechende **Didymselenat-Oktohydrat** $(SeO_4)_3Di_2.8H_2O$ ist natürlich ebenfalls damit isomorph. Genau untersucht ist ferner das **Samariumsulfat-Oktohydrat** = $(SO_4)_3Sm_2.8H_2O$, etwas weniger genau **Gadoliniumsulfat-** und **Gadoliniumselenat-Oktohydrat** = $(SO_4)_3Gd_2.8H_2O$ bzw. $(SeO_4)_3Gd_2.8H_2O$, deren Isomorphie mit den vorhergehenden Salzen aber zweifellos festgestellt ist. Übereinstimmend mit ihnen krystallisiert nach Wyrouboff[11]) auch das **Terbinsulfat-Oktohydrat** = $(SO_4)_3Tb_2.8H_2O$,

---

8) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr.-physik. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 438.

9) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, **14**, 231. Oeuvres **1**, 378.

10) C. von Scheele (Krystallbest. von Söderström), Über Praseodym und einige seiner Verbindungen. Inaug.-Diss. d. Univ. Upsala, 1900. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 194.

11) Urbain (Krystallbest. von Wyrouboff), Compt. rend. 1905, **141**, 521.

welches von Urbain dargestellt wurde, von welchem jedoch keine Messungen veröffentlicht sind. Endlich gehören hierher **Erbiumsulfat- und Erbiumselenat-Oktohydrat** = $(SO_4)_3Er_2.8H_2O$ bzw. $(SeO_4)_3Er_2.8H_2O$. Von dieser isomorphen Gruppe hat Kraus[12]) die topischen Parameter der von ihm näher untersuchten Glieder berechnet und folgende Werte gefunden:

| | Mol.-Gew. | Äqu.-Vol. | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $(SO_4)_3Y_2.8H_2O$: | 610,078 | 238,50 | 10,737 | 3,545 | 7,124 |
| $(SO_4)_3Pr_2.8H_2O$: | 712,278 | 252,67 | 10,847 | 3,632 | 7,263 |
| $(SO_4)_3Nd_2.8H_2O$: | 720,278 | 252,73 | 10,848 | 3,640 | 7,269 |
| $(SO_4)_3Er_2.8H_2O$: | 764,278 | 279,85 | 11,294 | 3,750 | 7,516 |

Durch den Ersatz eines dieser dreiwertigen Metalle durch ein solches von höherem Atomgewichte werden also alle Dimensionen der Krystallstructur vergrößert, und zwar entspricht diese Zunahme ziemlich genau der Zunahme der Atomgewichte der einander ersetzenden Elemente bzw. der Molekulargewichte der Verbindungen. Auch von einem solchen Hydrate, demjenigen des Didymsulfates, will Bodman (s. S. 446) isomorphe Mischungen mit dem entsprechenden Wismutsalze erhalten haben.

Von den Sulfaten einiger seltener Erden sind auch Verbindungen mit 9 Mol. $H_2O$ bekannt, und ihnen analog zusammengesetzt ist das Mineral Coquimbit, **Ferrisulfat-Enneahydrat** = $(SO_4)_3Fe_2.9H_2O$, welches in Formen der ditrigonal-skalenoëdrischen Klasse krystallisiert, häufig aber mit scheinbar hexagonaler Ausbildung, so daß dadurch eine gewisse Ähnlichkeit der Krystalle mit denen der folgenden Körper entsteht, deren Axenverhältnis $c:a$ ungefähr halb so groß ist. **Lanthan- und Cerosulfat-Enneahydrat** = $(SO_4)_3La_2.9H_2O$ bzw. $(SO_4)_3Ce_2.9H_2O$ krystallisieren jedoch hexagonal bipyramidal; ihnen schließt sich wahrscheinlich das bisher nur in nicht meßbaren hexagonalen Prismen erhaltene Didymsalz: $(SO_4)_3Di_2.9H_2O$ an. Mischungen der Lanthanverbindung mit dem Wismutsalze, in welchen aber stets die erstere stark vorherrschte, gibt Bodman (s. S. 446) an erhalten zu haben.

Hierher gehörige Verbindungen mit 10 Mol. $H_2O$ sind: das monoklin krystallisierende Mineral Quenstedtit, **Ferrisulfat-Dekahydrat** = $(SO_4)_3Fe_2.10H_2O$, ferner die drei isomorphen rhombischen Salze **Yttrium-, Gadolinium- und Erbiumselenat-Dekahydrat** = $(SeO_4)_3Y_2.10H_2O$, bzw. $(SeO_4)_3Gd_2.10H_2O$ und $(SeO_4)_3Er_2.10H_2O$, denen sich jedenfalls auch das **Didymselenat-Dekahydrat** = $(SeO_4)_3Di_2.10H_2O$ anschließt; nach den vorhandenen Messungen würden dem letztgenannten Salze zwar wesentlich andere Axenverhältnisse und Formen entsprechen, die betreffende Krystallbestimmung ist aber so fehlerhaft, daß sie jedenfalls wiederholt werden muß.

Als »Sesquioxyplatinschwefelsäure« wurde von dem Darsteller das **saure Platinsulfat** von der Formel $(SO_4)_3Pt_2.SO_4H_2.11\frac{1}{2}H_2O$ bezeichnet; dasselbe krystallisiert triklin.

12) Kraus, Zeitschr. f. Krystall. 1901, 34, 411.

**Chromisulfat-Pentakaidekahydrat** $= (SO_4)_3Cr_2.15H_2O$ soll nach Schrötter[13]) in regulären Oktaëdern krystallisieren. Über das von Scheele dargestellte **Praseodymsulfat-Pentakaidekahydrat** $= (SO_4)_3Pr_2.15H_2O$ gibt Söderström[10]) an: monoklin, $a:b:c = 0{,}9296:1:0{,}3709$, $\beta = 97°4'$; beobachtete Formen: {110}, {010}, {011}. Damit isomorph ist das als cerhaltiges **Didymsulfat-Pentakaidekahydrat** $= (SO_4)_3Di_2.15H_2O$ beschriebene Salz.

Den höchsten Wassergehalt besitzen zwei Thonerdesalze: das nicht in meßbaren Krystallen vorkommende Mineral Keramohalit (Alunogen, Haarsalz) $= (SO_4)_3Al_2.18H_2O$ und das trigonal krystallisierende **Aluminiumsulfat-Heptakaiikosihydrat** $= (SO_4)_3Al_2.27H_2O$.

Unter den Ammoniakverbindungen der Sulfate dreiwertiger Metalle ist zunächst zu erwähnen ein saures Salz, das Purpureokobaltsulfat, d. i. **Pentammin-Hydrokobaltisulfat-Dihydrat** $= (SO_4)_2CoH.5NH_3.2H_2O$, welches rhombisch krystallisiert. Das normale Salz Roseokobaltsulfat enthält nach Werner ein Mol. $H_2O$ an das Kobalt gebunden und ist daher **Pentammin-Aquo-Kobaltisulfat-Trihydrat** $= (SO_4)_3(Co.5NH_3.H_2O)_2.3H_2O$; seine Krystallform ist tetragonal. Durch Ersatz jenes Mol. $H_2O$ durch $NH_3$ leitet sich davon ab das Luteokobaltsulfat, d. i. **Hexammin-Kobaltisulfat-Pentahydrat** $= (SO_4)_3(Co.6NH_3)_2.5H_2O$, welches wegen des verschiedenen Wassergehaltes keine Beziehungen zu den vorigen Salzen zeigen kann; es krystallisiert monoklin, und mit ihm isomorph ist das entsprechende selensaure Salz **Hexammin-Kobaltiselenat-Pentahydrat** (Luteokobaltselenat) $= (SeO_4)_3(Co.6NH_3)_2.5H_2O$. Diese beiden Salze bilden ferner mit den entsprechenden Säuren Verbindungen, aber in verschiedenem Molekularverhältnisse, daher sie nicht isomorph sind: **Hexammin-Kobaltisulfat-Pentahydrat + Schwefelsäure** (saures Luteokobaltsulfat) hat die Zusammensetzung: $2[(SO_4)_3(Co.6NH_3)_2.5H_2O] + SO_4H_2$ und krystallisiert rhombisch, **Hexammin-Kobaltiselenat-Pentahydrat + Selensäure** (saures Luteokobaltselenat) hat die einfachere Formel $(SeO_4)_3(Co.6NH_3)_2.5H_2O + SeO_4H_2$ und krystallisiert triklin. Einige andere Ammoniakverbindungen enthalten an Stelle eines Teiles der Schwefelsäurereste andere Radicale, wie $Cl$ oder $CO_3$, und sollen daher bei den Verbindungen der Sulfate dreiwertiger Metalle mit Halogeniden usw. behandelt werden (s. S. 470 f.).

### Praseodymsulfat-Pentahydrat $= (SO_4)_3Pr_2.5H_2O$.

Spec. Gew. 3,173 Kraus[12]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}4450:1:1{,}1157;\quad \beta = 101°16' \text{ Kraus}^{12)}.$$

Das aus heißer Lösung krystallisierte Salz bildet nach Kraus (l. c. 400) blaßgrüne Prismen $m\{110\}$, $a\{100\}$, mit den Endflächen $q\{011\}$, z. T. Zwillinge nach $a\{100\}$ (vgl. Fig. 679 und 680 S. 450).

13) Schrötter, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1841, **53**, 522.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m' = (110) : (\bar{1}10) =$ | — | *70° 25′ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *95 0 |
| $m : q = (110) : (011) =$ | — | *47 14½ |
| $m' : q = (\bar{1}10) : (011) =$ | 58° 12′ | 58 18 |
| $a : q = (100) : (011) =$ | 82 25 | 82 18 |
| $q : \underline{q} = (011) : (\underline{0\bar{1}\bar{1}}) =$ | 15 17 | 15 20 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Doppelbrechung ziemlich stark; Ebene der optischen Axen senkrecht zu $\{010\}$; eine Mittellinie fast senkrecht zu $a\{100\}$.

## Cerosulfat-Pentahydrat = $(SO_4)_3Ce_2 . 5H_2O$.

Fig. 679.

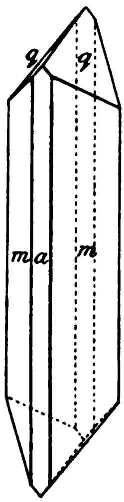
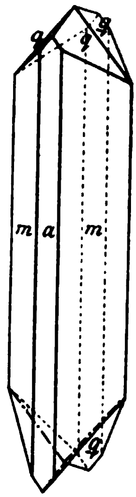



Fig. 680.




Spec. Gew. 3,160 Kraus, 3,176 Wyrouboff, 3,220 Nilson und Pettersson.

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 1,4656 : 1 : 1,1264;$$
$$\beta = 102° 40'$$ Kraus[12]).

Zuerst dargestellt von Damour (wahrscheinlich didymhaltig, ohne Angabe des Wassergehaltes), gemessen von Des Cloizeaux[14]). Aus sehr reinem Cerammoniumnitrat dargestellt und gemessen von Kraus[12]) (l. c. 399), ferner aus etwas Schwefelsäure enthaltender Lösung von Wyrouboff[15]), beide Präparate aus Lösungen von 80°—100°. Die Messungen der Genannten zeigen auffallend große Differenzen. Auch Damours Krystalle waren aus warmer Lösung erhalten. Die Krystalle sind farblose Prismen $m\{110\}$, $a\{100\}$, am Ende $q\{011\}$ (Fig. 679), häufig Zwillinge nach $a\{100\}$ (Fig. 680).

| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Wyrouboff: | Des Cloizeaux: |
|---|---|---|---|---|
| $m : m' = (110) : (\bar{1}10) =$ | — | *69° 56′ | 68° 4′ | 70° 35′ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *95 24 | 94 3 | 95 58 |
| $m : q = (110) : (011) =$ | — | *46 20 | 47 40 | — |
| $m' : q = (\bar{1}10) : (011) =$ | 58° 33′ | 58 44½ | — | — |
| $a : q = (100) : (011) =$ | 81 31 | 81 22 | 83 54 | — |
| $q : \underline{q} = (011) : (\underline{0\bar{1}\bar{1}}) =$ | 16 58 | 17 5 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ Kraus (Wyrouboff und Des Cloizeaux geben an: nach $m\{110\}$).

Ätzfiguren auf $\{110\}$ Parallelrrapeze mit verticalen längeren Seiten.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene $\perp b\{010\}$, bildet $\sphericalangle 33\frac{1}{2}°$ mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie Axe $b$, $2E = 134° 4'$, Dispersion sehr schwach, $\varrho < v$ (Wyrouboff). Des Cloizeaux gibt an: $2E = 120° 40'$ rot, $122° 58'$ blau.

14) Des Cloizeaux, Annales d. mines 1858, (5) **14**, 404. Nouv. Rech. 172 (Mém. Soc. étrang. Acad. Par. 1867, **18**, 682).

15) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 105. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 195.

## Cerosulfat-Oktohydrat = $(SO_4)_3Ce_2 \cdot 8H_2O$.

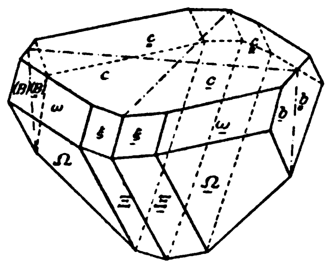
### Trikline Modification.

Spec. Gew. 2,886 Wyrouboff[15]).
Asymmetrisch (pseudorhombisch).

$a:b:c = 1{,}0650:1:1{,}1144$ Wyrouboff[15]).
$\alpha = 90^\circ 52'$, $\beta = 90^\circ 40'$, $\gamma = 91^\circ 45'$.

Dieses bei gewöhnlicher Temperatur aus wässerigen Lösungen entstehende Hydrat bildet Krystalle vom Ansehen einer Combination zweier rhombischer Bipyramiden $o\{111\}$ und $x\{212\}$; als solche betrachteten sie Marignac[16]) und Krejčí[17]), welcher ein Präparat von Brauner[17]), entstanden durch langsame Reduction einer Lösung von Cerisulfat durch Luftstaub, untersuchte. Ersterer beobachtete untergeordnet noch die Formen $c\{001\}$, $t\{014\}$ und zwischen $o$ und $x$ noch $y\{434\}$ und $z\{535\}$, Letzterer $c\{001\}$, $n\{210\}$, $t\{014\}$, $k\{012\}$, $b\{010\}$. Des Cloizeaux[14]) (l. c. 376, Nouv. Rech. 96) fand jedoch, daß die Messung der Krystalle durch die bei der optischen Untersuchung erkennbare Zwillingsbildung erschwert werde, und Wyrouboff (l. c. 106) bestimmte die Formen der in Fig. 681 dargestellten, scheinbar rhombisch pyramidalen Combination folgendermaßen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $O\{11\bar{1}\}$, $\Omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $x\{212\}$, $\xi\{2\bar{1}2\}$, $X\{21\bar{2}\}$, $\Xi\{2\bar{1}\bar{2}\}$, $b\{010\}$, $B\{0\bar{1}0\}$, selten und klein $C\{00\bar{1}\}$. Die Krystalle sind Doppelzwillinge nach $\{100\}$ und $\{010\}$; auf $\{001\}$ differieren die Schwingungsrichtungen an den Zwillingsgrenzen um 4°, und die in den vier Sectoren sichtbaren Axenbilder (Axenebene nahe $\parallel \{010\}$) zeigen, daß die 1. Mittellinie nicht $\perp \{001\}$ ist; ein Schnitt nach $\{100\}$ ist nahe senkrecht zur 2. Mittellinie und zeigt eine Differenz der Schwingungsrichtungen von 6°, ein Schnitt nach $\{010\}$ von 18°. Meist zeigen aber die Krystalle lamellare Wiederholungen der Zwillingsbildung und dadurch gestreifte Flächen, welche die Messung und Identificierung der einzelnen Formen sehr erschweren. In der folgenden Zusammenstellung der Winkel kehren bei Marignac und Krejčí natürlich die gleichen Werte mehrfach wieder.

Fig. 681.




| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Marignac: | Krejčí: |
|---|---|---|---|---|
| $c:b$ = (001):(010) | = 90°23′ | 90°17′ | — | — |
| $a:b$ = (100):(010) | = 88 15 | — | — | — |
| $a:c$ = (100):(001) | = 89 13 | — | — | — |
| $o:c$ = (111):(001) | = — | *56 42 | 57° 6′ | 57°53′ |
| $o:b$ = (111):(010) | = — | *51 34 | 51 35 | 51 18 |
| $o:\omega$ = (111):(1$\bar{1}$1) | = 76 49 | 76 50 | 76 50 | 77 24 |
| $\omega:c$ = (1$\bar{1}$1):(001) | = 56 16 | 56 15 | 57 6 | 57 53 |

16) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, **14**, 233. Oeuvres **1**, 380. Hier nimmt M. 9 Mol. $H_2O$ an, corrigiert dies aber später (Bibl. Univ. Arch. sc. phys. nat. Genève 1873, **46**, 205. Oeuvres **2**, 556).

17) Brauner (Krystallbestimmungen von Krejčí, Slavík und Vrba, nicht wie irrtümlich angegeben, von Vrba allein), Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904, **39**, 283. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 671. An später von Brauner erhaltenen Krystallen constatierte Slavík (Privatmitt.) die Übereinstimmung mit den Angaben Wyrouboffs.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Marignac: | Krejčí: |
|---|---|---|---|---|
| $\omega : B = (1\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | — | *52° 30′ | 51° 35′ | 51° 18′ |
| $O : C = (11\bar{1}) : (00\bar{1}) =$ | 57° 45′ | — | 57 6 | 57 53 |
| $O : b = (11\bar{1}) : (010) =$ | — | *51 36 | 51 35 | — |
| $o : O = (111) : (11\bar{1}) =$ | — | *65 33 | 65 48 | — |
| $\Omega : C = (1\bar{1}\bar{1}) : (00\bar{1}) =$ | 56 32 | 56 40 | 57 6 | 57 53 |
| $O : \Omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 75 32 | 75 20 | 76 50 | 77 24 |
| $x : c = (212) : (001) =$ | 49 16 | 49 20 | 49 53 | 49 59 |
| $x : b = (212) : (010) =$ | 70 24 | — | 68 8 | 68 10½ |
| $\xi : c = (2\bar{1}2) : (001) =$ | 49 36 | — | 49 53 | 49 59 |
| $\xi : B = (2\bar{1}2) : (0\bar{1}0) =$ | 67 44 | 67 40 | 68 8 | 68 10½ |
| $\Xi : C = (2\bar{1}\bar{2}) : (00\bar{1}) =$ | 49 43 | 49 45 | 49 53 | 49 59 |
| $\Xi : B = (2\bar{1}\bar{2}) : (0\bar{1}0) =$ | 69 43 | — | 68 8 | 68 10½ |
| $X : C = (21\bar{2}) : (00\bar{1}) =$ | 50 41 | 50 30 | 49 53 | 49 59 |
| $X : b = (21\bar{2}) : (010) =$ | 67 57 | — | 68 8 | 68 10½ |
| $c : \underline{c} = (001) : (\underline{001}) =$ | 0 46 | 0 34 | — | — |
| $c : \underline{\underline{c}} = (001) : (\underline{\underline{001}}) =$ | 0 22 | 0 16 | — | — |
| $x : \underline{\xi} = (212) : (\underline{2\bar{1}2}) =$ | 2 40 | 2 35 | — | — |
| $X : \underline{\Xi} = (21\bar{2}) : (\underline{2\bar{1}\bar{2}}) =$ | 1 46 | 1 40 | — | — |

Außerdem geben Marignac und Krejčí noch folgende Winkel als berechnet (bezogen auf deren rhombische Elemente) und beobachtet an:

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Krejčí: |
|---|---|---|---|
| $o : \Omega' = (111) : (\bar{1}11) =$ | 68° 16′ K. | *68° 50′ | 68° 43′ |
| $y : o = (434) : (111) =$ | 7 40 M. | 7 50 | — |
| $z : o = (535) : (111) =$ | 12 58 » | 12 50 | — |
| $t : t = (014) : (0\bar{1}4) =$ | {31 54 » / 32 15 K.} | 31 40 | 32 20 |
| $k : k = (012) : (0\bar{1}2) =$ | 60 4 » | — | 60 12 |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0) =$ | 58 18 » | — | 58 15 |
| $n : k = (120) : (021) =$ | 75 53 » | — | 76 8 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene s. S. 451, $2E = 128° 38'$, Dispersion $\varrho < v$, sehr schwach (Wyrouboff). Des Cloizeaux gibt an:

| | | |
|---|---|---|
| $2H = 75° 43'$ | daraus $2E = 128° 14'$ | Rot, |
| 75 33½ | 128 8 | Gelb, |
| 74 52 | 127 54 | Blau. |

**Monokline Modification.**

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 2{,}9398 : 1 : 2{,}0302$; $\beta = 117° 15'$ Rammelsberg[8]).

Rammelsberg zersetzte eine Lösung des roten Cericerosulfates mit heißem Wasser und erhielt aus dem Filtrate des basischen Cerisulfates rötlichgelbe Krystalle (mit geringen Mengen $La$ und $Di$), welche mit $(SO_4)_3Di_2 . 8H_2O$ isomorph zu sein schienen und für welche er daher den gleichen Wassergehalt annahm (die Analyse wird nicht mitgeteilt). Combination: $\pi\{21\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$; prismatisch nach $\pi$; stets Zwillinge nach $\sigma$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\pi : \pi = (21\bar{1}) : (2\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *109° 16′ |
| $c : a = (001) : (100) =$ | — | *62 45 |
| $c : \pi' = (001) : (\bar{2}11) =$ | — | *80 30 |
| $c : \varrho' = (001) : (\bar{1}01) =$ | 42° 3′ | 41 30 |
| $c : \sigma' = (001) : (\bar{2}01) =$ | 73 28 | — |

### Yttriumsulfat-Oktohydrat = $(SO_4)_3Y_2 \cdot 8H_2O$.

Spec. Gew. 2,558 Kraus[12]), 2,530 Topsøe[18]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 3{,}0284:1:2{,}0092; \quad \beta = 118^\circ 25' \text{ Kraus}^{12)}.$$

Das Salz wurde zuerst von Rammelsberg[19]) untersucht, aber in unreinem Zustande, da die übrigen im Gadolinit, dem Ausgangsmateriale, enthaltenen seltenen Erden nicht getrennt wurden; seine Krystalle zeigten die Combination: $c\{001\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$. An einem von Cleve dargestellte Präparate wurden von Topsøe[18]) beobachtet: $r\{101\}$ vorherrschend, $\pi\{21\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$ und mit sehr schmalen Flächen

Fig. 682.

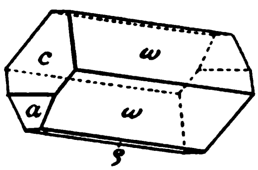



Fig. 683.

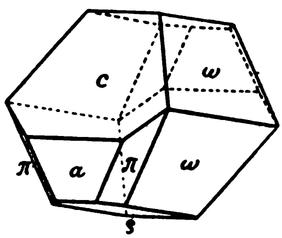
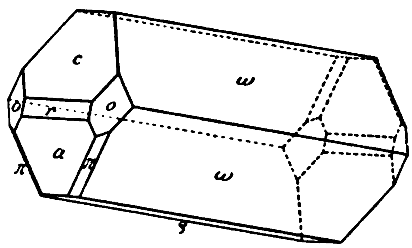



Fig. 684.




$\omega\{11\bar{1}\}$ und $y\{233\}$. Endlich untersuchte Kraus[12]) (l. c. 412 bzw. 403) Krystalle des aus sehr reinem Yttriumoxyd dargestellten Salzes, welche die Formen: $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $o\{111\}$ und $r\{101\}$ in den durch Fig. 682—684 wiedergegebenen Ausbildungsweisen zeigten. Zuweilen Zwillinge nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Rammelsberg: | Topsøe: |
|---|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *61°35' | 61°48' | 62°48' (ber. 61°20') |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *40 28 | 39 56 | — |
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | — | *63 2 | — | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 69°49' | 69 52 | 69 47 | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 84 34 | 84 35 | 85 0 | — |
| $\pi:\varrho = (21\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 61 8 | 61 12 | — | — |
| $\pi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 66 42 | 66 35 | 67 23 | 66 36 |
| $\pi:\pi = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 110 36 | 110 30 | 111 7 | 111 0 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 23 48 | 23 49 | 23 48 | 23 29 |
| $r:\pi' = (101):(\bar{2}11) =$ | 86 23 | 86 30 | — | — |
| $r:\omega' = (101):(\bar{1}11) =$ | 78 42 | 78 45 | — | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 60 1 | 60 0 | 60 30 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 54 45 | 54 48 | 54 50 | 54 47 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 101 42 | — | 102 48 | 102 0 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen, nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; die 2. Mittellinie ist fast genau senkrecht zu $c\{001\}$, ein wenig nach vorn geneigt; Brechungsindices für $Na$ nach Kraus:

$$\alpha = 1{,}5433, \qquad \beta = 1{,}5490, \qquad \gamma = 1{,}5755;$$

daraus berechnet: $2V = 50^\circ 43'$, $2E = 83^\circ 6'$; Dispersion $\varrho < v$.

18) Topsøe, Bihang t. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1875, 2, No. 5, 25.

19) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1862, 115, 583.

## Yttriumselenat-Oktohydrat = $(SeO_4)_3Y_2 \cdot 8H_2O$.

Spec. Gew. 2,895 Topsøe[18]).
Monoklin prismatisch.

$(a:b:c = 3{,}1041:1:2{,}0346;\ \beta = 118^\circ 12'$ Topsøe[18]).

Das von Cleve[20]) dargestellte Salz bildet nach Topsøe (l. c. 26) wasserhelle, meist tafelige Krystalle mit vorherrschendem $a\{100\}$, combiniert mit $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, zuweilen auch rhomboëderähnliche Combinationen von $\omega\{11\bar{1}\}$ und $a\{100\}$ mit untergeordnetem $c\{001\}$. Nicht selten Zwillinge nach $a\{100\}$. Da die Flächen wegen ihrer starken Streifung sehr schwankende Winkelwerte lieferten, so leitete Topsøe keine eigenen Elemente aus seinen Messungen ab, sondern nahm die oben angegebenen, von ihm für das isomorphe Sulfat gefundenen an, welchen daher auch die folgenden berechneten Werte entsprechen.

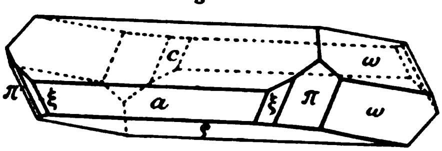
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | $61^\circ 20'$ | $60^\circ 15'$ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 40 25 | 40 51 |
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 63 9 | 63 25 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 69 54 | 70 16 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 84 43 | 85 11 |
| $\pi:\varrho = (21\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | — | 60 9 |
| $\pi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 66 52 | 66 30 |
| $\pi':c = (\bar{2}11):(001) =$ | 80 14 | 81 3 |

## Praseodymsulfat-Oktohydrat = $(SO_4)_3Pr_2 \cdot 8H_2O$.

Spec. Gew. 2,819 Kraus[12]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2{,}9863:1:1{,}9995;\ \beta = 118^\circ 0'$ Kraus[12]).

Fig. 685.



Das von Kraus (l. c. 406) untersuchte Salz enthielt nur wenig Neodym und war von schöner dunkelgrüner Farbe; die durch langsame Verdunstung der Lösung bei 20°—25° entstandenen, gut ausgebildeten Krystalle zeigten die Formen: $c\{001\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $o\{111\}$,

Fig. 686.

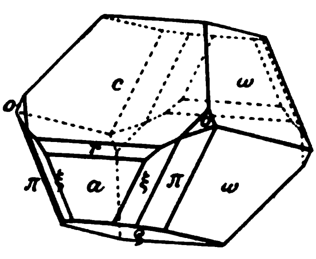


Fig. 687.

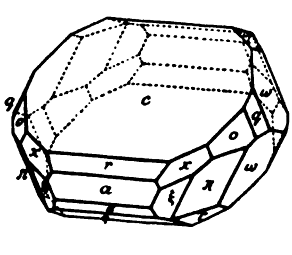
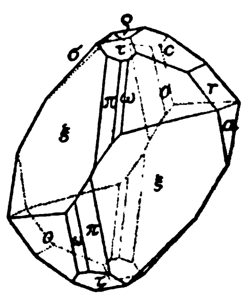


Fig. 688.



$r\{101\}$, $\xi\{31\bar{1}\}$, $x\{311\}$, $\tau\{31\bar{3}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $q\{011\}$ in den durch die Figg. 684 (S. 453) und 685—687 dargestellten Combinationen. Bereits im Jahre 1898 hatte

20) Cleve, Bull. soc. chim. Paris 1874, (2) 21, 344.

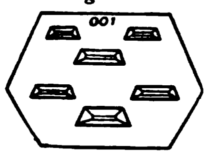
Vrba (Privatmitt.) Krystalle, welche er von Brauner[21]) erhielt, gemessen und daran, abgesehen von einigen Vicinalflächen zu {001}, die gleichen Formen beobachtet, aber in der in Fig. 688 (gegen die vorhergehenden um 90° gedreht) wiedergegebenen Ausbildung. Endlich hat auch Dufet[22]) ein sehr reines Präparat von Chenal und Douilhet mit übereinstimmenden Resultaten krystallographisch untersucht.

| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Vrba: | Dufet: |
|---|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *62° 0′ | 61°46′ | 61°56′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *40 46 | 40 35 | 41 0 |
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | — | *62 51 | 62 55 | — |
| $\xi:a = (31\bar{1}):(100) =$ | 52° 2′ | 51 56 | 52 14 | 51 51 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 37 47 | 37 51 | 37 28 | 37 39 |
| $\varrho:\sigma = (10\bar{1}):(20\bar{1}) =$ | 31 48 | 31 51 | 31 29 | — |
| $\pi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 66 13 | 66 21 | 66 17 | — |
| $\xi:\xi = (31\bar{1}):(3\bar{1}\bar{1}) =$ | 89 35 | 89 42 | — | 89 25 |
| $\omega':r = (\bar{1}11):(101) =$ | 78 52½ | 78 54 | — | — |
| $\xi:c = (31\bar{1}):(001) =$ | 88 42 | 88 41 | — | — |
| $\pi:c = (21\bar{1}):(001) =$ | 80 5 | 80 8 | — | 79 49 ca. |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 69 47 | 69 52½ | — | 69 45 |
| $\pi:\varrho = (21\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 60 45½ | 60 46 | — | 60 38 |
| $\xi:\varrho = (31\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 61 25 | 61 19 | — | 60 58 |
| $\pi:\sigma = (21\bar{1}):(20\bar{1}) =$ | 54 56 | 54 48 | — | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 60 0 | 59 57 | 60 5 | — |
| $q:\omega' = (011):(\bar{1}11) =$ | 19 11 | 19 12 | — | 19 6 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 76 37 | 76 30 | — | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 84 6 | 84 12 | — | 84 17 |
| $x:a = (311):(100) =$ | 38 32 | 38 27 | — | — |
| $\xi':r = (\bar{3}11):(101) =$ | 105 40 | 105 48 | — | — |
| $\pi':r = (\bar{2}11):(101) =$ | 93 53½ | 93 39 | — | — |
| $\tau:\varrho = (31\bar{3}):(10\bar{1}) =$ | 33 1 | 32 58 | 33 0 | — |
| $\tau':c = (\bar{3}13):(001) =$ | 50 35 | 50 34 | — | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 120 56 | — | — | 120 54 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 101 32 | — | 101 17 | 101 10 |
| $x:x = (311):(3\bar{1}1) =$ | 77 44 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen, nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ deutlich.

Ätzfiguren auf $c\{001\}$ s. Fig. 689.

Fig. 689.




Doppelbrechung positiv, schwach; Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$ und fast genau senkrecht zu $c\{001\}$, mit schwacher, aber anomaler Dispersion; 1. Mittellinie Axe $b$. Brechungsindices nach Dufet (l. c. 384):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Li*: | $\alpha = 1,5366$ | $\beta = 1,5459$ | $\gamma = 1,5573$ | $2V$ ber.: 84°45′ |
| *Na*: | 1,5399 | 1,5494 | 1,5607 | 85 27 |
| *Tl*: | 1,5430 | 1,5525 | 1,5641 | 84 52 |

Der Axenwinkel $2V$, für *Li* beobachtet 84°51′, nimmt langsam ab bis zu dem Absorptionsstreifen in Gelb, in dessen Mitte (bei *D*) er plötzlich den maximalen Wert von 85°28′ (beobachtet) annimmt, dann bis zu einem Minimum

21) Brauner, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1902, 32, 7.

22) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1901, 24, 378. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 37, 279.

von 84° 37′, genau am Rande jenes Streifens; von hier ab nimmt er wieder zu, erst ziemlich schnell, dann sehr langsam, und erreicht für *Tl* wieder den Wert 84° 52′. Dufet (l. c. 396 f.) hat auch eine vollständige Untersuchung der Absorptionsspectren des Salzes durchgeführt.

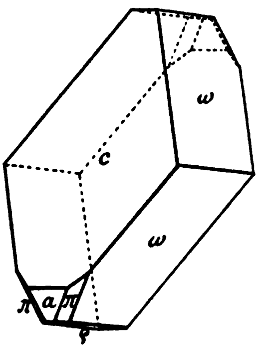
### Neodymsulfat-Oktohydrat = $(SO_4)_3Nd_2 . 8H_2O$.

Spec. Gew. 2,850 Kraus[12]).
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 2,9835 : 1 : 1,9968; \quad \beta = 118° 8\frac{1}{2}'$ Dufet[22]).

Die von Brauner[21]) bereits 1898 dargestellten Krystalle wurden damals von Vrba gemessen, dessen Resultate jedoch bisher nicht veröffentlicht; sie zeigten die gleichen Formen, wie das Praseodymsalz (Fig. 688), nämlich: $\xi\{31\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\tau\{31\bar{3}\}$ und Vicinalformen zu $\{001\}$. An Krystallen, welche Muthmann dargestellt hatte, beobachtete Kraus[12]) (l. c. 408) die einfachere Combination Fig. 690. Dufet (l. c. 376) erhielt von Chenal und Douilhet ähnliche flächenreiche Krystalle, wie Vrba von Brauner, an welchen die Elemente sehr genau festgestellt werden konnten. Slavík (Privatmitt.) beobachtete an einem neueren, sehr reinen Präparate von Brauner eine ähnliche Combination, wie Fig. 686, aber mit größerem $\pi\{21\bar{1}\}$ und $\xi\{31\bar{1}\}$ und häufig mehr tafelig nach $c\{001\}$ und gestreckt nach der $b$-Axe; auch trat eine Vicinalform $\{11.5.\bar{5}\}$ zu $\pi$ auf.

Fig. 690.




| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Vrba: | Kraus: | Slavík: |
|---|---|---|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *61° 51½′ | 61° 39′ | 61° 42′ | 61° 52′ |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | 40° 46½′ | 40 46 | 40 27 | 40 51 | 40 40 |
| $\omega : \varrho = (11\bar{1}) : (10\bar{1}) =$ | 62 50 | 62 52 | — | 62 50½ | — |
| $r : a = (101) : (100) =$ | — | *37 42 | 37 31 | — | 37 39 |
| $\xi : \xi = (31\bar{1}) : (3\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *89 40 | 89 41½ | — | — |
| $\xi : a = (31\bar{1}) : (100) =$ | 52 2½ | 52 2½ | 52 7 | — | 51 50 |
| $\pi : a = (21\bar{1}) : (100) =$ | 66 14½ | 66 16 | 66 18 | 66 25 | 66 22½ |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (100) =$ | 84 16 | 84 17 | 84 5½ | 84 15 | 83 21½ |
| $\omega : q = (11\bar{1}) : (01\bar{1}) =$ | 19 12 | 19 8 | — | — | — |
| $o : a = (111) : (100) =$ | 59 55 | 59 54 | 59 56½ | — | 59 55 |
| $\xi' : c = (\bar{3}11) : (001) =$ | 88 47 | 88 48 | — | — | — |
| $\tau' : c = (\bar{3}13) : (001) =$ | 50 34½ | 50 35 | — | — | — |
| $\pi' : c = (\bar{2}11) : (001) =$ | 80 8 | 80 6 | — | — | — |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 69 46 | 69 46 | — | — | — |
| $o : c = (111) : (001) =$ | 54 41 | 54 41 | — | — | — |
| $q : c = (011) : (001) =$ | 60 24½ | 60 25 | — | — | — |
| $\xi : \varrho = (31\bar{1}) : (10\bar{1}) =$ | 61 22½ | 61 21 | — | — | — |
| $o : \varrho = (111) : (10\bar{1}) =$ | 74 26 | 74 29 | — | — | — |
| $\pi : \varrho = (21\bar{1}) : (10\bar{1}) =$ | 60 47 | 60 46 | — | 60 54 | — |
| $\tau : \varrho = (31\bar{3}) : (10\bar{1}) =$ | 33 0½ | 33 0 | — | — | — |
| $\pi : \pi = (21\bar{1}) : (2\bar{1}\bar{1}) =$ | 109 51 | — | — | 109 57 | — |
| $\xi : \omega = (31\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 65 53 | 65 52 | — | — | — |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 101 22 | 101 20 | 101 40 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\perp b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, 2. Mittellinie fast genau senkrecht zu $c\{001\}$ mit erkennbarer anomaler Dispersion; Brechungsindices nach Dufet (l. c. 384):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Li*: | $\alpha = 1{,}5379$ | $\beta = 1{,}5469$ | $\gamma = 1{,}5583$ | $2V$ ber.: 83° 49′ |
| *Na*: | 1,5413 | 1,5505 | 1,5621 | 83 57 |
| *Tl*: | 1,5441 | 1,5534 | 1,5652 | 83 46 |

Der beobachtete Wert von $2V$ ist für $Li = 84°2'$, steigt bis zu einem Maximum von 84°20′ an dem im Gelb liegenden Absorptionsstreifen, ist $= 84°13\frac{1}{2}'$ für *Na*, erreicht ein Minimum von 83°47′ an dem Absorptionsstreifen im Grün, und beträgt für *Tl*: $83°56\frac{1}{2}'$, für die Linie *F*: 83°51′.

Farbe rosarot, nach Kraus für eine 2 mm dicke Platte = 24 q Radde; Pleochroïsmus sehr schwach (die Schwingung $\parallel \{010\}$ etwas tiefer gefärbt). Die Absorptionsspectren des Salzes wurden von Dufet (l. c. 396 f.) untersucht.

### Isomorphe Mischung (Didymsulfat-Oktohydrat) = $(SO_4)_3(Nd, Pr)_2 \cdot 8H_2O = (SO_4)_3Di_2 \cdot 8H_2O$.

Spec. Gew. 2,829 Cleve[23]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 2{,}9686:1:2{,}0065; \quad \beta = 118°8' \text{ Marignac}^{9)}.$$

Die von Marignac dargestellten und gemessenen Krystalle waren von roter Farbe, müssen also vorwiegend Neodym enthalten haben, da bei größerem Gehalte an Praseodymsulfat die rote Farbe durch die intensiv grüne des letzteren Salzes compensiert worden wäre; sie zeigten die Formen: $c\{001\}$, $\xi\{31\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $p\{211\}$, selten und klein $\tau\{31\bar{3}\}$, in ähnlicher Ausbildung wie sie Fig. 688 (S. 454) darstellt, häufig symmetrisch entwickelte Zwillinge nach $a\{100\}$. Krystalle mit denselben Formen und mit $r\{101\}$ untersuchte Rammelsberg[24]); nach ihm gehören auch die bräunlich-rosenroten Krystalle hierher, welche Schabus[25]) als Didymchlorid beschrieb, doch differieren Dessen Winkel so stark von den übrigen, daß es nicht ganz sicher ist, welche Zusammensetzung die gemessenen Krystalle hatten. Endlich beobachtete Bunsen[26]) an rosenroten, von ihm dargestellten Krystallen die nach $a$ tafelförmige Combination: $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: | Schabus: | Bunsen: |
|---|---|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *61° 52′ | 61° 30′ | — | 61° 45′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 41° 11′ | 41 20 | 41 30 | — | 41 5 |
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | — | *62 54 | — | 60° 12′ | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *69 57 | — | — | — |
| $r:c = (101):(001) =$ | 24 20 | 24 22 | — | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 101 48 | 101 10 | — | 103 18 | 102 30 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 59 53 | 59 50 | — | — | 60 20 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 54 46 | 54 50 | — | — | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 84 6 | 84 8 | 84 5 | 83 10 | — |
| $p:p = (211):(2\bar{1}1) =$ | 82 16 | — | — | — | — |

23) Cleve, Nov. Act. Soc. Upsala, März 1885. Bull. soc. chim. Paris 1885, (2) 43, 359.
24) Rammelsberg, Die neuesten Forsch. i. d. krystallogr. Chemie, Leipzig 1857, 88.
25) Schabus, Best. d. Krystallgestalten i. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 105.
26) Bunsen, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1866, 128, 102. Gesamm. Abhandl. 3, 348.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Rammelsberg: | Schabus: | Bunsen: |
|---|---|---|---|---|---|
| $p : c = (211) : (001) =$ | 52°30′ | 52°10′ | — | — | — |
| $\pi : \pi = (21\bar{1}) : (2\bar{1}\bar{1}) =$ | 109 42 | 110 0 | — | — | — |
| $\pi : a = (21\bar{1}) : (100) =$ | 66 0 | 66 10 | 66° 5′ | — | 66° 0′ |
| $\pi' : c = (\bar{2}11) : (001) =$ | 80 21 | 80 10 | 80 15 | — | — |
| $\xi : \xi = (31\bar{1}) : (3\bar{1}\bar{1}) =$ | 89 22 | 89 15 | — | — | — |
| $\xi : a = (31\bar{1}) : (100) =$ | 51 48 | 51 46 | 53 0 | 50° 2′ | — |
| $\tau' : c = (\bar{3}13) : (001) =$ | 60 55 | 61 0 | — | — | — |
| $\tau : \varrho = (31\bar{3}) : (10\bar{1}) =$ | 33 5 | 33 0 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; 1. Mittellinie Axe $b$; für $Na$ ist bei 25° nach Becquerel[27]): $\alpha = 1{,}5392$, $\beta = 1{,}5479$, $\gamma = 1{,}5592$, $2V = 84°10'$ (bei 6° = 83°18′). Die Absorptionsspectren der beiden Schwingungen in $a\{100\}$ bestimmte zuerst Bunsen l. c.[26]); die vollständige Untersuchung der drei Spectren, welche den Hauptschwingungsrichtungen für $Na$ entsprechen, führte Becquerel aus; darnach ist das Spectrum der 1. Mittellinie besonders reich an dunkeln Linien; die beiden anderen Hauptabsorptionsrichtungen haben in $\{010\}$ eine von den Hauptschwingungsrichtungen abweichende Lage, und zwar für jede Linie eine besondere.

### Didymselenat-Oktohydrat = $(SO_4)_3Di_2 . 8H_2O$.

Spec. Gew. 3,223—3,255 Topsøe.

Monoklin prismatisch.

$(a : b : c = 3{,}1041 : 1 : 2{,}0346;\ \beta = 118°12'$ Topsøe[18])).

Die von Cleve[20]) (l. c. 246) dargestellten, rötlichen (also vorwiegend Neodym enthaltenden) Krystalle sind nach Topsøe (l. c. 31) Combinationen von $a\{100\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $o\{111\}$ mit matten und gestreiften Flächen und verwittern rasch an der Luft. Da infolgedessen nur approximative Messungen möglich waren, wurden keine eigenen Elemente berechnet, sondern wie beim Yttriumselenate (S. 454) diejenigen des isomorphen Yttriumsulfates der Berechnung zugrunde gelegt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | 61°20′ | 60°54′ |
| $r : a = (101) : (100) =$ | 37 32½ | 37 26 |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (100) =$ | 84 43 | 85 20 |
| $\pi : a = (21\bar{1}) : (100) =$ | 66 52 | 65 43 |
| $o : a = (111) : (100) =$ | 60 1 | 60 12 |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 69 54 | 69 12 |
| $\pi' : c = (\bar{2}11) : (001) =$ | 80 14 | 80 39 |
| $o : c = (111) : (001) =$ | 54 47 | 55 25 |
| $\pi : \pi = (21\bar{1}) : (2\bar{1}\bar{1}) =$ | 111 0 | 109 38 |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 126 18 | 126 38 |
| $o : \pi_{,} = (111) : (\bar{2}1\bar{1}) =$ | 47 13 | 47 39 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $r\{101\}$ sehr vollkommen, nach $a\{100\}$ vollkommen.

### Samariumsulfat-Oktohydrat = $(SO_4)_3Sm_2 . 8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 3{,}0030 : 1 : 2{,}0022;\ \beta = 118°16'$ Dufet[22]).

---

27) H. Becquerel, Ann. chim. phys. 1888, (6) **14**, 170. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 330.

Fock[28]) untersuchte ein von Bettendorf dargestelltes Präparat; die Krystalle zeigten die Formen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, untergeordnet $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $a\{100\}$ und waren meist Zwillinge nach $c\{001\}$; sie gestatteten keine genaueren Messungen. An den von Chenal und Douilhet erhaltenen Krystallen beobachtete Dufet (l. c. 380) folgende Formen: $c\{001\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $r\{101\}$, $\xi\{31\bar{1}\}$, $\tau\{31\bar{3}\}$. Endlich wurden Krystalle, welche Brauner dargestellt hatte, von Slavík (Privatmitt.) gemessen; diese waren tafelförmig, nach der $b$-Axe verlängert, ähnlich ausgebildet wie die des Praseodymsalzes Fig. 687 (S. 454), nur fehlten $x$, $\varrho$, $\sigma$ und $\tau$, während dafür zwischen $c$ und $r$ mit schmalen Flächen die Pinakoide $u\{203\}$, $v\{104\}$ und $w\{106\}$ auftraten; sie zeigten keine Zwillingsbildung.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Slavík: | Fock: |
|---|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | 61° 44′ | 61° 43′ | 61° 38′ | 62° 30′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 40 38 | 40 41 | — | 40 11 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 24 3 | 24 5 | 23 45 | — |
| $u:c = (203):(001) =$ | 17 55½ | — | 17 34 | — |
| $v:c = (104):(001) =$ | 7 45 | — | 8 5 | — |
| $w:c = (106):(001) =$ | 5 19 | — | 5 37 | — |
| $\xi:\xi = (31\bar{1}):(3\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *90 2 | — | — |
| $\xi:a = (31\bar{1}):(100) =$ | 52 15 | 52 13 | 52 30 | — |
| $\xi':c = (\bar{3}11):(001) =$ | 88 47 | 88 54 | 88 52 | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 84 24½ | 84 28 | 84 23 | — |
| $\pi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 66 26 | 66 29 | 66 19 | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 59 57 | 59 55 | 59 59 | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 16 32½ | — | 17 1 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *54 42 | 54 42 | 54 56 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *69 47 | 70 13 | 69 50 |
| $\pi':c = (\bar{2}11):(001) =$ | 80 8 | — | — | 79 46 |
| $\tau':c = (\bar{3}13):(001) =$ | 50 31 | 50 33 | — | — |
| $\xi:\varrho = (31\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 61 34 | 61 31 | — | — |
| $\xi':o = (\bar{3}11):(111) =$ | 44 8 | 44 3 | — | — |
| $\pi:\varrho = (21\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 60 56 | 60 55 | — | 60 33 |
| $\tau:\varrho = (31\bar{3}):(10\bar{1}) =$ | 33 6 | 33 11 | — | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 125 50 | — | — | 125 52 |
| $\pi:\pi = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 110 10 | — | — | 110 12 |
| $o:r = (111):(101) =$ | 50 45 | 50 43 | 50 59 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\perp b\{010\}$ und nahe senkrecht zu $c\{001\}$ mit geringer Dispersion; 1. Mittellinie Axe $b$; Brechungsindices nach Dufet:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ ber. | $2V$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5395 | 1,5486 | 1,5594 | 85° 39′ | 86° 1′ |
| *Na*: | 1,5427 | 1,5519 | 1,5629 | 85 26 | 85 56 |
| *Tl*: | 1,5458 | 1,5551 | 1,5663 | 85 14 | 85 52 |

$2V$ nimmt für 1° C. um 3′ zu.

Die den drei Hauptschwingungsrichtungen entsprechenden Absorptionsspectren fand Dufet übereinstimmend.

28) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1900, 32, 251.

### Gadoliniumsulfat-Oktohydrat = $(SO_4)_3Gd_2 . 8H_2O$.

Spec. Gew. 3,007—3,015 Benedicks[29]).

$a:b:c = 3{,}0086:1:2{,}0068$; $\beta = 118^\circ 2'$ Benedicks[29]).

Das von Benedicks dargestellte Salz bildet kleine Krystalle mit den Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *61° 58′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *40 37 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 24° 8½′ | 24 19 |
| $o:r = (111):(101) =$ | — | *50 54 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 60 7 | 60 0 ca. |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 35 34 | 35 9 |
| $\pi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 66 25 | 66 50 |
| $o:\pi = (111):(21\bar{1}) =$ | 47 20 | 46 49 |
| $\pi:\pi = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 110 14 | 109 28 |
| $o:\varrho' = (111):(\bar{1}01) =$ | 74 24 | 74 24 |

### Gadoliniumselenat-Oktohydrat = $(SeO_4)_3Gd_2 . 8H_2O$.

Spec. Gew. 3,302—3,316 Benedicks[29]).

$a:b:c = 3{,}1424:1:2{,}0714$; $\beta = 117^\circ 50'$ Benedicks[29]).

Benedicks (l. c. 411) erhielt aus warmer Lösung (auf dem Wasserbade) große, aber nicht gut spiegelnde Krystalle der Combination: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *62° 10′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *40 6 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | — | *84 36 |
| $\pi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 67° 17′ | 67 18 |

### Erbiumsulfat-Oktohydrat = $(SO_4)_3Er_2 . 8H_2O$.

Spec. Gew. 3,217 Topsøe[16]), 2,731 Kraus[12]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 3{,}0120:1:2{,}0043$; $\beta = 118^\circ 27'$ Kraus[12]).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$ und $\xi\{31\bar{1}\}$. Fig. 691 zeigt die gewöhnliche Combination

Fig. 691.

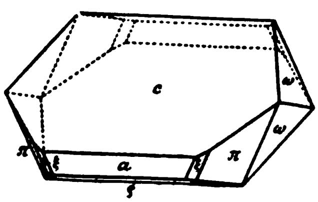
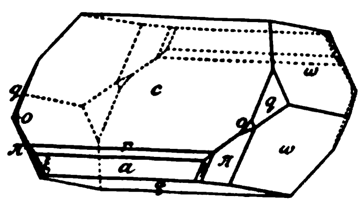


Fig. 692.



nach Kraus (l. c. 409), an welcher $c\{001\}$ sehr groß entwickelt ist und die anderen Flächen mehr oder weniger zurücktreten; diese Krystalle sind meistens ziemlich dünn tafelförmig nach $c\{001\}$, während die in Fig. 692 dargestellte

29) Benedicks, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1900, 22, 408. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 36, 627.

Combination dicktafelig ausgebildet ist. Topsøe (l. c. 28) beobachtete ähnliche Krystalle, welche aber außer $c\{001\}$ nur $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{21\bar{1}\}$ und sehr schmal $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und ein nicht sicher bestimmbares Pinakoid ($\{108\}$?) zeigten; die meistens stark gestreiften Flächen lieferten fast durchweg sehr schwankende Winkelwerte, daher seine Resultate z. T. nicht unbeträchtlich von denen von Kraus abweichen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Topsøe: |
|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(100) =$ | — | *61° 33′ | 61° 32′ |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | — | *40 35 | 40 20 |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | — | *84 31 | — |
| $a:o = (100):(111) =$ | 59° 54′ | 59 51 | 60 24 |
| $a:r = (100):(101) =$ | 37 36½ | 37 36 | 37 3 |
| $r:o = (101):(111) =$ | 50 44 | 50 51 | 50 51 |
| $c:q = (001):(011) =$ | 60 25 | 60 13½ | — |
| $a:q = (100):(011) =$ | 76 24 | 76 24 | — |
| $q:\omega' = (011):(\bar{1}11) =$ | 19 5 | 19 14 | — |
| $a:\xi = (100):(31\bar{1}) =$ | 52 22 | 52 28 | — |
| $a:\pi = (100):(21\bar{1}) =$ | 66 33 | 66 29 | 66 43 |
| $\pi:\pi = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 110 20 | 110 2 | 113 14 |
| $\xi:\xi = (31\bar{1}):(3\bar{1}\bar{1}) =$ | 90 16 | — | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 125 54 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen, nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung schwach; Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$ und fast senkrecht zu $c\{001\}$; der scheinbare Axenwinkel sehr groß.

## Erbiumselenat-Oktohydrat = $(SeO_4)_3Er_2 \cdot 8H_2O$.

Spec. Gew. 3,516 Topsøe[18]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 3{,}0218:1:2{,}0012; \quad \beta = 118^\circ 45' \text{ Topsøe}^{18)}.$$

Das von Cleve[20]) dargestellte Salz bildet nach Topsøe (l. c. 30) kleine, schwach rötliche, sechsseitige Tafeln nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, sehr selten mit kleinen Flächen von $\pi\{21\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (110):(001) =$ | — | *61° 15′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *40 26 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 37° 29′ | 37 52 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *125 56 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 84 43 | 84 38 |
| $\pi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 66 43½ | 66 29½ |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 69 46 | 69 51 |
| $\omega':r = (\bar{1}11):(101) =$ | 78 35½ | 78 35 |
| $\pi:\pi = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 110 31 | — |
| $\pi':c = (\bar{2}11):(001) =$ | 80 13 | 80 9 |
| $\pi:\varrho = (21\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 61 10 | 61 4 |
| $\pi':r = (\bar{2}11):(101) =$ | 93 39 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen, nach $a\{100\}$ ziemlich vollkommen.

## Ferrisulfat-Enneahydrat = $(SO_4)_3Fe_2 . 9H_2O$
(nat. Coquimbit).

Spec. Gew. 2,10 (nat. Kryst.).
Ditrigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 80°6'$ ($a : c = 1 : 1{,}5613$ Linck, nat. Kryst.).

Das Mineral bildet meist scheinbar hexagonale Combinationen von $\{\bar{2}11\}$ und $\{111\}$ mit $\{100\}$ und $\{\bar{1}22\}$ in gleicher Ausbildung, nicht selten aber auch oktaëderähnliche Krystalle, an welchen $\{111\}$ und $\{100\}$ vorherrschen, sowie Zwillinge nach $\{111\}$.

Spaltbarkeit nach $\{\bar{2}11\}$, $\{100\}$ und $\{\bar{1}22\}$ unvollkommen.

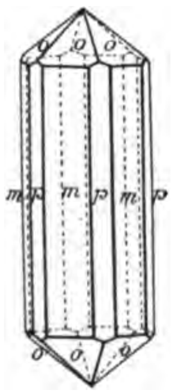
Ätzfiguren auf $\{111\}$ gleichseitige Dreiecke, einem negativen Rhomboëder entsprechend.

Brechungsindices nach Linck (Arzruni):

| | | |
|---|---|---|
| *Li*: | $\omega = 1{,}5469$ (1,5376), | $\varepsilon = 1{,}5508$ (1,5468), |
| *Na*: | 1,5519 (1,5455), | 1,5575 (1,5547). |

## Lanthansulfat-Enneahydrat = $(SO_4)_3La_2 . 9H_2O$.

Fig. 693.



Spec. Gew. 2,821 Kraus[12]), 2,827 Topsøe[18]).
Hexagonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 0{,}7356$ Kraus[12]).

Nachdem Marignac[9]) (l. c. 230 bzw. 377) und Topsøe[18]) (l. c. 21) das Salz in dünnen, nur ungenau meßbaren Nadeln erhalten hatten, gelang es Kraus (l. c. 414), durch langsames Verdunsten der Lösung gut meßbare Krystalle darzustellen; diese waren dünnprismatisch nach $m\{10\bar{1}0\}$ mit gut ausgebildeten Endflächen $o\{10\bar{1}1\}$, zuweilen mit schmalem $p\{11\bar{2}0\}$ (Fig. 693).

| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Marignac: | Topsøe: |
|---|---|---|---|---|
| $o:o' = (10\bar{1}1):(\bar{1}011) =$ | — | *80° 41′ | 80° 45′ | 80° 34′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 37° 56′ | 37 51 | 37 50 | 37 22 |
| $o:m = (01\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | 71 7 | 71 4½ | — | — |
| $o:p = (01\bar{1}1):(11\bar{2}0) =$ | 55 54 | 55 50½ | — | — |
| $o:o = (01\bar{1}1):(1\bar{1}01) =$ | 68 12 | 68 7½ | — | — |

Spaltbarkeit wurde nicht beobachtet.

Die Ätzfiguren, mit Wasser hervorgebracht, sind nach Kraus auf den Pyramidenflächen unsymmetrisch, aber gleich orientiert, der hexagonal-bipyramidalen Symmetrie entsprechend.

Doppelbrechung positiv, ziemlich schwach.

## Cerosulfat-Enneahydrat = $(SO_4)_3Ce_2 . 9H_2O$.

Spec. Gew. 2,831 Kraus[12]), 2,841 Wyrouboff[15]) (l. c. 109).
Hexagonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 0{,}7310$ Marignac[30]).

Dieses Salz wurde von Marignac durch Verdunsten einer Lösung bei 40°—50° erhalten in hexagonalen Prismen $m\{10\bar{1}0\}$ mit den Endflächen $o\{10\bar{1}1\}$, $i\{10\bar{1}2\}$, $t\{11\bar{2}2\}$ und $u\{11\bar{2}1\}$. An ebenso dargestellten Krystallen

30) Ch. de Marignac, Bibl. Univ. Arch. sc. phys. nat. Genève 1878, 46, 205. Oeuvres 2, 556.

beobachtete Kraus (l. c. 415) die Formen: $m\{10\bar{1}0\}$, $o\{10\bar{1}1\}$ und $c\{0001\}$. Nach Wyrouboff[31]) und Koppel[32]) entsteht diese Verbindung neben dem Oktohydrate in einem ziemlich weiten Temperaturintervalle.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Kraus: |
|---|---|---|---|
| $o:m = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | — | *49° 50′ | 49° 53′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 37° 38′ | 37 30 | 37 34 |
| $i:m = (10\bar{1}2):(10\bar{1}0) =$ | 67 7 | 67 5 | — |
| $t:t = (11\bar{2}2):(\bar{1}\bar{1}22) =$ | 72 20 | 72 40 | — |
| $u:u' = (11\bar{2}1):(\bar{1}\bar{1}21) =$ | 111 15 | — | — |
| $u:m = (11\bar{2}1):(10\bar{1}0) =$ | 44 22 | 44 25 | — |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.
Ätzfiguren wie bei dem vorigen Salze.
Doppelbrechung positiv, sehr schwach.

## Ferrisulfat-Dekahydrat = $(SO_4)_3Fe_2 \cdot 10H_2O$
(nat. Quenstedtit).

Spec. Gew. 2,116 Linck (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,3942:1:0,4060$; $\beta = 102^\circ 2'$ Linck (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet kleine, nach der $a$-Axe prismatische Krystalle der Combination: $\{010\}$, $\{052\}$, $\{094\}$, $\{074\}$, $\{011\}$ usw. mit den Endflächen $\{110\}$ und $\{350\}$.

Spaltbarkeit nach $\{010\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 21° im stumpfen Winkel $\beta$.

## Yttriumselenat-Dekahydrat = $(SeO_4)_3Y_2 \cdot 10H_2O$.

Spec. Gew. 2,780 Topsøe[18]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9358:1:0,4829$ Topsøe[18]).

Das Salz wurde von Cleve[33]) dargestellt, welcher anfangs $9H_2O$ darin annahm. Nach Topsøe (l. c. 22) bildet es große, wasserhelle sechsseitige Tafeln nach $b\{010\}$ mit den Randflächen $l\{320\}$, $o\{111\}$, $x\{313\}$, $y\{353\}$, $r\{101\}$; die letzte Form ist selten und die Bipyramidenflächen oft unvollzählig und stets gestreift.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $y:b = (353):(010) =$ | 54° 25½′ | 54° 26′ |
| $o:b = (111):(010) =$ | 66 46 | 65 59 |
| $x:b = (313):(010) =$ | — | *81 51½ |
| $l:l = (320):(3\bar{2}0) =$ | 63 55 | 64 0 |
| $y:y' = (353):(\bar{3}53) =$ | 43 48 | 43 45 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 49 51 | 49 45 |
| $x:x' = (313):(\bar{3}13) =$ | — | *54 0 |
| $x:'x = (313):(\bar{3}\bar{1}3) =$ | 56 48 | 56 42½ |
| $o:'o = (111):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 70 30 | — |

31) Wyrouboff, Bull. soc. chim. Par. 1901, (3) 25, 121. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 37, 189.
32) Koppel, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904, 41, 383.
33) Cleve, Bihang t. Sv. Vet. Akad. Handl. 1874, 2, No. 2, 8.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $y:'y = (353):(\bar{3}\bar{5}3) =$ | 87° 26′ | — |
| $o:l = (111):(320) =$ | 55 30 | 54° 36′ |
| $x:l = (313):(320) =$ | 62 36 | 62 34 |
| $x:'l = (313):(3\bar{2}0) =$ | 71 56 | 71 40 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $n\{310\}$ deutlich; die letzteren Flächen ergaben: $n:b = (310):(010) = 72\frac{1}{2}°$ beob. (72° 40′ ber.).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2E = 123°$ ca., Dispersion stark, $\varrho < v$.

### Didymselenat-Dekahydrat = $(SeO_4)_3Di_2 . 10H_2O$ (?).

Spec. Gew. 3,190 Carlson[34]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,8053:1:0,6180$ Carlson[34]).

Das von Cleve[33]) dargestellte Salz, für welches Dieser die Formel $(SeO_4)_3Di_2 . 9H_2O$ annimmt, zeigt nach Carlson die Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $y\{233\}$, $x\{255\}$?.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *51° 9′ |
| $y:b = (233):(010) =$ | 61° 11′ | 62 22 |
| $y:y' = (233):(\bar{2}33) =$ | — | *47 2 |
| $y:m = (233):(110) =$ | 52 11 | 53 3 |
| $x:b = (255):(010) =$ | 59 26 | 48 54 (?) |

### Gadoliniumselenat-Dekahydrat = $(SeO_4)_3Gd_2 . 10H_2O$.

Spec. Gew. 3,034—3,062 Benedicks[29]).

Rhombisch bipyramidal, isomorph mit dem Yttriumsalze. Nach Benedicks (l. c. 410), welcher darauf hinwies, daß auch für das Yttrium- und Erbiumsalz die Analysen Cleves besser mit einem Wassergehalte von 10 Mol. übereinstimmen, zeigen die Krystalle die Formen: $b\{010\}$, $l\{320\}$, $x\{313\}$ und $y\{353\}$ in oft monokliner Ausbildung und ergaben folgende Werte:

$$l:l = (320):(3\bar{2}0) = 63° 34′$$
$$x:x' = (313):(\bar{3}13) = 53\ 59$$
$$x:l = (313):(3\bar{2}0) = 71\ 38$$
$$y:l = (353):(320) = 51\ 28$$

### Erbiumselenat-Dekahydrat = $(SeO_4)_3Er_2 . 10H_2O$.

Spec. Gew. 3,171 Topsøe[18]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9300:1:0,4807$ Topsøe[18]).

Dargestellt von Cleve (s. oben). Nach Topsøe (l. c. 23) ist die gewöhnliche, sechsseitig tafelförmige Combination: $b\{010\}$ mit $x\{313\}$ und $l\{320\}$; mit unvollzähligen Flächen treten außerdem auf $o\{111\}$ und $y\{353\}$.

---

34) Carlson, Kristallogr. Bidrag. Dissert. Upsala. Stockholm 1872, 17. Die Axenverhältnisse sind nach den beiden Fundamentalwinkeln neu berechnet; die vom Verf. berechneten Werte sind sämtlich unrichtig.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $y:b$ | $= (353):(010) =$ | — | *54° 33½′ |
| $o:b$ | $= (111):(010) =$ | 66° 52½′ | 66 51 |
| $x:b$ | $= (313):(010) =$ | 81 54 | 81 51 |
| $l:l$ | $= (320):(3\bar{2}0) =$ | 63 36 | 62 57 |
| $y:y'$ | $= (353):(\bar{3}53) =$ | 43 56½ | 44 3 |
| $o:o'$ | $= (111):(\bar{1}11) =$ | 49 57½ | 49 56 |
| $x:x'$ | $= (313):(\bar{3}13) =$ | — | *54 5 |
| $x:l$ | $= (313):(320) =$ | 62 34½ | 62 36 |
| $y:l$ | $= (353):(320) =$ | 51 25½ | 51 29 |
| $x:'l$ | $= (313):(3\bar{2}0) =$ | 71 49 | 71 46 |
| $y:'l$ | $= (353):(3\bar{2}0) =$ | 89 17½ | 89 16 |
| $x:x_{,}$ | $= (313):(31\bar{3}) =$ | 123 9½ | 123 9½ |
| $y:y_{,}$ | $= (353):(35\bar{3}) =$ | 92 43½ | — |
| $o:o_{,}$ | $= (111):(11\bar{1}) =$ | 109 33½ | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen.
Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2E = 109\frac{1}{2}°$, Dispersion stark, $\varrho > v$.

### Saures Platinsulfat (Sesquioxyplatinschwefelsäure) = $(SO_4)_2Pt_2 \cdot SO_4H_2 \cdot 11\frac{1}{2}H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,6236 : 1 : 0,5492$ Blondel[35]).

$\alpha = 90° 29'$, $\beta = 101° 53'$, $\gamma = 88° 55'$.

Entsteht bei der Reduction von Platinisulfat, in Schwefelsäure gelöst, durch eine 10%ige Lösung von Oxalsäure. Krystalle aus wässeriger Lösung, möglichst bei tiefen Temperaturen. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$; schöne, nach der Axe $c$ verlängerte Prismen, deren Flächen jedoch stark gekrümmt sind.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 91° 0′ | 90° 40′ |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | 89 40 | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 78 8 | — |
| $b:m$ | $= (010):(110) =$ | — | *32 28 |
| $b':\mu$ | $= (0\bar{1}0):(1\bar{1}0) =$ | — | *31 54 |
| $b:o$ | $= (010):(111) =$ | 64 21 | 64 40 |
| $b:\omega$ | $= (010):(11\bar{1}) =$ | 61 57 | 62 20 |
| $c:m$ | $= (001):(110) =$ | — | *83 26 |
| $c':\omega$ | $= (00\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 34 2 | 33 20 |
| $m:o$ | $= (110):(111) =$ | — | *53 6 |
| $\mu':o$ | $= (\bar{1}10):(111) =$ | — | *82 12 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.
Farbe rot, ganz ähnlich der des Kaliumbichromates.

### Didymsulfat-Pentakaidekahydrat = $(SO_4)_3Di_2 \cdot 15H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,937 : 1 : 0,347$; $\beta = 93° 46'$ Rammelsberg[8]).

35) Blondel, Ann. chim. phys. 1905, (8) 6, 113. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 44, 523.

Rammelsberg (l. c. 442) erhielt dieses Salz in violetten Krystallen, welche enthielten: $SO_3$ 27,62 %, $Di_2O_3$ (mit wenig $La_2O_3$) 35,22 %, $Ce_2O_3$ 4,34 %, $H_2O$ 32,82 %. Combination: $m\{110\}$, $n\{210\}$, $q\{011\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *86° 10′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *87 15 |
| $n:m = (210):(110) =$ | 18° 1′ | 18 0 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *38 10 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ und $c\{001\}$.

### Aluminiumsulfat-Heptakaiikosihydrat = $(SO_4)_3Al_2 . 27H_2O$.

Spec. Gew. 1,57—1,77 nach älteren Bestimmungen.
Ditrigonal skalenoëdrisch.

$$\alpha = 83^\circ 0' \quad (a:c = 1:1,5408 \text{ Rammelsberg}[36])).$$

Die Krystalle dieses Hydrates bilden sich nach Rammelsberg bei 0° und werden bei gewöhnlicher Temperatur undurchsichtig und matt. Es sind entweder Rhomboëder $r\{100\}$, combiniert mit $d\{110\}$ und kleinen Flächen eines Skalenoëders bzw. einer hexagonalen Bipyramide 2. Art $x$, oder die letztere Form herrscht vor, combiniert mit einem spitzen Rhomboëder und $m\{\bar{2}11\}$. Die Krystalle sind nur approximativ meßbar.

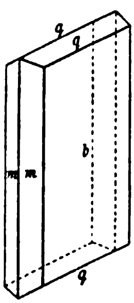
| | | |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | *97° 52′ | beob. |
| $d:d = (110):(011) =$ | 70 2 | ber. |
| $x:x = (pqr):(qpr) =$ | 52 40 | ca. beob. |

### Pentammin-Hydrokobaltisulfat-Dihydrat (Purpureokobaltsulfat) = $(SO_4)_2CoH . 5NH_3 . 2H_2O$.

Spec. Gew. 1,828 Jaeger[37]).
Rhombisch bisphenoïdisch.

$$a:b:c = 0,7517:1:0,5364 \text{ Jaeger}[37]).$$
$$(\chi:\psi:\omega = 5,990:7,969:4,275 \quad » \quad ).$$

Fig. 694.




Zuerst dargestellt von Gibbs und Genth[38]) und gemessen von Dana[38]); nach Letzterem sind die Krystalle prismatische Combinationen von $m\{110\}$ mit $b\{010\}$ und $n\{210\}$, am Ende gewöhnlich $\omega\{1\bar{1}1\}$ und $q\{011\}$; für das Bisphenoid fand Dana sehr schwankende Werte, im Mittel 67° 54′ für $\omega:\omega' = (1\bar{1}1):(\bar{1}11)$, während aus seinen Fundamentalwinkeln folgen würde: 65° 40′. Jaeger, welcher ein Präparat von Jörgensen[39]) untersuchte, beobachtete nur die einfache Combination Fig. 694.

| | Berechnet: | Beobachtet: Jaeger: | Dana: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *73° 52′ | 74° 0′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *56 25 | 57 18 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 73° 30′ | 73 33 | — |

36) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 88.
37) Jaeger, Zeitschr. f. Krystall. 1904, 39, 555.
38) Gibbs u. Genth (Mess. v. J. Dana), Amer. Journ. Sc. 1857, (2) 23, 322.
39) Jörgensen, Journ. f. prakt. Chemie 1885, (2) 31, 264.

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $b$; Axenwinkel sehr klein, Dispersion schwach.

Farbe dunkelrot; Schwingungen parallel der $c$-Axe orangerot, parallel der $a$-Axe dunkel blutrot.

### Pentammin-Aquo-Kobaltisulfat-Trihydrat (Roseokobaltsulfat) =

$$(SO_4)_3\left[Co\begin{Bmatrix}(NH_3)_5\\(H_2O)\end{Bmatrix}\right]_2\cdot 3H_2O.$$

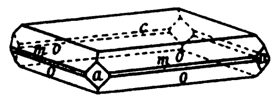
Spec. Gew. 1,854 Jaeger[37]).

Tetragonal. $a:c = 1:1{,}0862$ Jaeger[37]).

($\chi:\psi:\omega = 6{,}916:6{,}916:7{,}512$ » ).

An den von Gibbs und Genth dargestellten Krystallen beobachtete J. Dana[38]) (l. c. 247) teils rhombendodekaëderähnliche Combinationen von $a\{100\}$ mit $o\{111\}$, an welchen untergeordnet $m\{110\}$ und $d\{101\}$ auftraten, oder oktaëderähnliche Formen, an denen $d\{101\}$ vorherrschte, dessen Ecken und Polkanten durch $c\{001\}$ und $m\{110\}$ bzw. $i\{112\}$ abgestumpft waren. Rammelsberg[8]) (l. c. 421) beobachtete nur Combinationen der ersten Art. Jaeger (l. c. 550) erhielt von Jörgensen sehr gut ausgebildete, nach $c\{001\}$ tafelförmige Krystalle (Fig. 695).

Fig. 695.



| | Berechnet: | Beobachtet: Jaeger: | Dana: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | 56° 56′ | 56° 59½′ | 56° 55′ | 56° 30′ ca. |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *72 41 | 72 40 | 72 25 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 53 39½ | 53 46 | 53 40 | 53 20 |

Farbe blutrot.

### Hexammin-Kobaltisulfat-Pentahydrat (Luteokobaltsulfat) =

$$(SO_4)_3(Co\cdot 6NH_3)_2\cdot 5H_2O.$$

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1230:1:1{,}4143$; $\beta = 90°18'$ Klobb[40]).

J. Dana[38]) (l. c. 334) beschrieb dieses von Gibbs und Genth dargestellte Salz als trimorph; die erste seiner drei Formen war jedoch beigemengtes Luteokobaltchlorid (s. 1, 264), die dritte (rhombische Prismen von 78° 30′) nach Klobb wahrscheinlich ebenfalls eine Beimengung, vielleicht Nitrosulfat. Letzterer hat das Luteokobaltsulfat sowohl aus dem Roseokobaltsalze, wie Gibbs und Genth, als auch durch Oxydation einer ammoniakalischen Lösung von Kobaltosulfat mit $PbO_2$, oder durch Zersetzung des S. 469 erwähnten sauren Sulfates mit Wasser, dargestellt und stets, wenn die Krystalle frei von Chlorid und Nitrat waren, die Form $B$ Danas (welche Dieser für rhombisch-hemiëdrisch hielt) erhalten.

Beobachtete Formen: $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $x\{112\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$, $\eta\{12\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $z\{321\}$, $\zeta\{32\bar{3}\}$. Die gewöhnlich vorherrschenden Flächen $\{101\}$, $\{10\bar{1}\}$ bilden ein rhombisches Prisma und an dessen Enden $\{112\}$, $\{11\bar{2}\}$ fast genau eine rhombische Bipyramide, und so hatte Dana die Krystalle aufgefaßt. Diejenigen von Klobb, klein, aber sehr gut meßbar, zeigten gewöhnlich $\{011\}$ (von Dana nicht beobachtet) und $\{12\bar{1}\}$ ziemlich groß ent-

40) Klobb, Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 310. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 278.

wickelt, letzteres zuweilen nur an einem Ende, am anderen $\{112\}$ und $\{11\bar{2}\}$. Selten zeigen die Krystalle den ersten Typus des isomorphen Selenates (s. unten).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\eta : \varrho = (12\bar{1}) : (10\bar{1})$ = | — | *60° 27′ |
| $r : \varrho = (101) : (10\bar{1})$ = | — | *76 54 |
| $x : r = (112) : (101)$ = | — | *35 55 |
| $r : c = (101) : (001)$ = | 51° 22′ | 51 30 |
| $m : a = (110) : (100)$ = | 48 19 | 48 30 |
| $r : z = (101) : (321)$ = | 42 1 | 42 0 |
| $z : m = (321) : (110)$ = | 16 31 | 16 33 |
| $\eta : m = (12\bar{1}) : (110)$ = | 25 1 | 24 56 |
| $\xi' : r = (\bar{1}12) : (101)$ = | 84 39 | 84 33 |
| $\eta : \eta' = (12\bar{1}) : (\bar{1}21)$ = | 59 6 | 59 6 |
| $x : q = (112) : (011)$ = | 32 57 | 33 5 |
| $\eta' : q = (\bar{1}21) : (011)$ = | 27 32 | 27 25 |
| $\zeta : r = (32\bar{3}) : (101)$ = | 78 44 | 78 30 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100)$ = | 38 34 | 38 30 |
| $x : \xi' = (112) : (\bar{1}12)$ = | 54 25 | 54 22 |
| $\xi : \varrho = (11\bar{2}) : (10\bar{1})$ = | 36 1 | 36 5 |
| $\xi' : q = (\bar{1}12) : (011)$ = | 33 2 | 33 5 |
| $q : m = (011) : (110)$ = | 52 17 | 52 18 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110)$ = | 58 40 | 58 25 |

**Hexammin-Kobaltiselenat-Pentahydrat** (Luteokobaltselenat) = $(SeO_4)_3(Co.6NH_3)_2.5H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,1350 : 1 : 1,4023$; $\beta = 90° 35'$ Klobb[40]).

Dargestellt und gemessen von Klobb (l. c. 308). Beobachtete Formen: $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $x\{112\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$, $v\{123\}$, $z\{321\}$, $\eta\{12\bar{1}\}$, $\zeta\{32\bar{3}\}$. Die großen gelbbraunen Krystalle haben oft einen dem Rhombendodekaëder ähnlichen Habitus durch gleichmäßiges Vorherrschen von $\{101\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{110\}$ und $\{011\}$, oder sie ähneln einer hexagonalen Bipyramide, gebildet von $\{101\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{112\}$ und $\{11\bar{2}\}$, mit der Basis; oft sind sie aber auch nach der Axe $b$ verlängert, wie die des Sulfates.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\eta : \eta' = (12\bar{1}) : (\bar{1}21)$ = | — | *58° 50′ |
| $r : \varrho = (101) : (10\bar{1})$ = | — | *77 58 |
| $x : r = (112) : (101)$ = | — | *35 42 |
| $r : c = (101) : (001)$ = | 50° 40′ | 50 45 |
| $m : c = (110) : (001)$ = | 89 37 | 89 27 |
| $x : c = (112) : (001)$ = | 42 52 | 43 0 ca. |
| $\xi' : c = (\bar{1}12) : (001)$ = | 43 13 | 43 30 |
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ = | 97 14 | 97 16 |
| $r : z = (101) : (321)$ = | 42 16 | 42 14 |
| $z : m = (321) : (110)$ = | 16 42 | 16 29 |
| $\eta : m = (12\bar{1}) : (110)$ = | 25 9 | 25 9 |
| $\eta : r = (12\bar{1}) : (101)$ = | 84 7 | 84 5 |
| $x : v = (112) : (123)$ = | 12 30 | 12 23 |
| $v : q = (123) : (011)$ = | 20 13 | 20 5 |
| $q : \eta' = (011) : (\bar{1}21)$ = | 27 28 | 27 16 |
| $r : \zeta = (101) : (32\bar{3})$ = | 79 39 | 79 35 |
| $\zeta : \xi = (32\bar{3}) : (11\bar{2})$ = | 16 44 | 16 30 |

**Hexammin-Kobaltisulfat-Pentahydrat + Schwefelsäure**
(**saures Luteokobaltsulfat**) = $2[(SO_4)_3(Co.6NH_3)_2.5H_2O] + 5SO_4H_2$.

Rhombisch bipyramidal (pseudooktaëdrisch).

$a:b:c = 0{,}9991:1:1{,}0006$ Klobb[40]).

Krystallisiert nach Klobb (l. c. 313) aus der heiß mit Schwefelsäure versetzten Lösung des neutralen Sulfates beim Erkalten. Oktaëderähnliche Bipyramiden $o\{111\}$, zuweilen mit kleinen Flächen von $c\{001\}$, $s\{201\}$, $k\{021\}$ und $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *54° 46′ |
| $k:c = (021):(001) =$ | — | *63 27 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 70° 32′ | 70 35 |
| $o:s = (111):(201) =$ | 39 13 | 39 15 |
| $o:k = (111):(021) =$ | 39 16 | 39 15 |
| $s:s = (201):(20\bar{1}) =$ | 53 4 | 53 3 |

Doppelbrechung ziemlich stark.

**Hexammin-Kobaltiselenat-Pentahydrat + Selensäure**
(**saures Luteokobaltselenat**) = $(SeO_4)_3(Co.6NH_3)_2.5HO + SeO_4H_2$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}8455:1:0{,}4729$ Klobb[40]).

$\alpha = 99°10'$, $\beta = 86°47'$, $\gamma = 88°50'$.

Dargestellt von Klobb (l. c. 314) aus dem neutralen Salze durch Zufügen eines Überschusses von Selensäure. Große, nach der $c$-Axe verlängerte Krystalle mit vorherrschendem $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$ und $n\{130\}$, schmal $a\{100\}$ und $b\{010\}$, am Ende $c\{001\}$, $r\{101\}$ und $x\{1\bar{3}\bar{2}\}$; häufig Zwillinge.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *81° 4′ |
| $\mu':c = (\bar{1}10):(001) =$ | — | *86 28 |
| $n:c = (130):(001) =$ | — | *80 22 |
| $n:\mu' = (130):(\bar{1}10) =$ | — | *70 28 |
| $x':\mu' = (\bar{1}32):(\bar{1}10) =$ | — | *56 28 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 86° 56′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 80 54 | — |
| $a:b = (100):(010) =$ | 90 40 | — |
| $m:a = (110):(100) =$ | 40 49 | 40 44 |
| $n:b = (130):(010) =$ | 21 23 | 21 21 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 28 10 | 28 0 ca. |
| $r:x' = (101):(\bar{1}32) =$ | 51 28 | 51 33 |
| $x':n = (\bar{1}32):(130) =$ | 56 52 | 57 0 |
| $x':c = (\bar{1}32):(001) =$ | 34 36 | 34 50 |
| $r:\mu = (101):(1\bar{1}0) =$ | 72 4 | 72 0 |

## Basische Sulfate dreiwertiger Metalle.

Hierher gehören die folgenden Mineralien, welche sämtlich wasserhaltig sind: Amaranthit und der wahrscheinlich damit identische Hohmannit, **Ferrihydroxysulfat-Trihydrat** $= SO_4(Fe.OH).3H_2O$; davon unterscheiden

sich der nur in nicht meßbaren Fasern (monoklin?) vorkommende Fibroferrit und der in (monoklinen?) Prismen von 82° krystallisierende Castanit durch höheren Wassergehalt ($3\frac{1}{2}$ bzw. $4\frac{1}{2}$ $H_2O$); der Aluminit $SO_4Al_2(OH)_4$, krystallisiert in mikroskopischen Nadeln, welche nach ihren optischen Eigenschaften wahrscheinlich rhombisch sind; der monokline Copiapit kann aufgefaßt werden als **Ferridihydroxypentasulfat-Oktokaidekahydrat** $= (SO_4)_5Fe_4(OH)_2.18H_2O$, während der in rhombischen Prismen von 68° krystallisierende Felsöbanyit als ein überbasisches Aluminiumsulfat von der Zusammensetzung $SO_4Al_2(OH)_4.2Al(OH)_3.5H_2O$ zu betrachten ist. Die übrigen in der Natur vorkommenden basischen schwefelsauren Salze von Thonerde und Eisenoxyd sind nicht in Krystallen bekannt.

### Ferrihydroxysulfat-Trihydrat (Amaranthit) = $SO_4(Fe.OH).3H_2O$.

Spec. Gew. 2,286 Genth (nat. Kryst.).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,7692:1:0,5738 \text{ Penfield (nat. Kryst.).}$$
$$\alpha = 95^\circ 38', \quad \beta = 90^\circ 23', \quad \gamma = 97^\circ 13'.$$

Das Mineral bildet dünne Prismen {100} {010} mit den Endflächen {001}, {1$\bar{1}\bar{1}$}, {1$\bar{1}$1}, {121} u. a. Wahrscheinlich identisch damit ist der Hohmannit, dessen Krystallform nur unvollständig bekannt ist.

Spaltbarkeit nach {100} und {010} vollkommen.

Die Ebene der optischen Axen bildet 38° mit der $c$-Axe; durch {100} beide Axenbilder sichtbar mit $2E = 59°$ für $Li$, 63° für $Na$; Auslöschungsschiefe auf {010} 16° ca.

Farbe braunrot mit deutlichem Pleochroïsmus (rotbraun—citrongelb).

### Ferridihydroxypentasulfat-Oktokaidekahydrat = $(SO_4)_5Fe_4(OH)_2.18H_2O$ (nat. Copiapit).

Spec. Gew. 2,103 Linck (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,4791:1:0,9759; \quad \beta = 108^\circ 4' \text{ Linck (nat. Kryst.).}$$

Die Krystalle des Minerals sind sechsseitige Täfelchen nach {010} mit den Randflächen {110}, {015}, {44$\bar{9}$} u. a.

Spaltbarkeit nach {010} vollkommen, nach {40$\bar{9}$} deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp$ {010}, ungefähr $\parallel$ {40$\bar{9}$}; 1. Mittellinie in {010}.

## Verbindungen von Sulfaten dreiwertiger Metalle mit Halogeniden und Carbonaten.

Sämtliche hierher gehörigen Körper sind Verbindungen mit Ammoniak und meist auch mit Krystallwasser. **Tetrammin-Kobaltidicarbonatosulfat-Trihydrat** $= SO_4(CO_3)_2Co_2.4NH_3.3H_2O$ krystallisiert rhombisch, **Pentammin-Iridiumchlorosulfat-Dihydrat** $= SO_4ClIr.5NH_3.2H_2O$ monoklin,

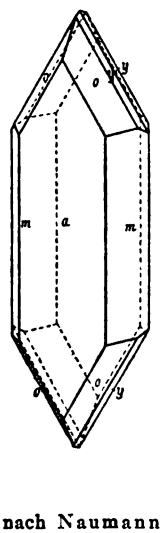
das saure Purpureokobaltsalz **Pentammin-Kobaltichlorosulfat + Schwefelsäure** = $4(SO_4ClCo.5NH_3) + 3SO_4H_2$ rhombisch, endlich ebenfalls rhombisch die beiden isomorphen Luteokobaltsalze: **Hexammin-Kobaltichlorosulfat-** und **-selenat-Trihydrat** = $SO_4ClCo.6NH_3.3H_2O$ und $SeO_4ClCo.6NH_3.3H_2O$. Die Krystalle der beiden letzten Substanzen sind interessant durch die große Annäherung ihrer Elemente an tetragonale; ihre topischen Parameter sind folgende:

| | Äqu.-Vol. | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ |
|---|---|---|---|---|
| *S*-Verb. | 346,5 | 5,699 | 5,709 | 6,033 |
| *Se*-Verb. | 393,6 | 5,771 | 5,753 | 6,119 |

Hieraus geht hervor, daß bei dem Eintritte von Selen für Schwefel die Structurdimensionen nach allen drei Axen vergrößert worden sind, nach *c* am meisten, nach *b* am wenigsten. Durch die größere Zunahme des Abstandes nach *a* gegenüber dem nach *b* ist der Winkel des Prismas {110}, welcher beim Sulfate 89° 55′ beträgt, beim Selenate 90° 4½′ geworden, während der Habitus der Krystallform, die Ebenen der optischen Axen u. s. f. dieselben geblieben sind. Bei übereinstimmender Aufstellung beider isomorpher Salze werden also die Werte der einander entsprechenden Axen *a* bei dem Sulfate < 1, beim Selenate > 1 [1]).

**Tetrammin-Kobaltidicarbonatosulfat-Trihydrat =**
**$SO_4(CO_3)_2Co_2.4NH_3.3H_2O$.**

Fig. 696.




Spec. Gew. 1,807 Jaeger[2]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 2,2212:1:1,8003$ Jaeger[2]).
$(\chi:\psi:\omega = 9,263:4,170:7,508$ » )

Dargestellt von Jörgensen[3]); nach der Verticalaxe prismatische undurchsichtige Krystalle der Combination (Fig. 696): *a*{100}, *m*{110}, *o*{111}, *y*{133}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *65° 45¾′ |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *68 31 |
| $o:y = (111):(133) =$ | 14° 9½′ | 14 10½ |
| $y':'o = (1\bar{3}3):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 30 3 | 29 21½ |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

---

1) Dieses Beispiel lehrt, wie wenig rationell es wäre, die Formen nach Naumann oder Lévy zu bezeichnen und in beiden Fällen die längere der beiden Axen parallel zu stellen, da alsdann die entsprechenden Formen beider isomorpher Körper größtenteils verschiedene Symbole erhalten würden (s. Groth, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 54. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 95).

2) Jaeger, Zeitschr. f. Krystallogr. 1904, **39**, 567.

3) Jörgensen, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1898, **17**, 474.

**Pentammin-Iridiumchlorosulfat-Dihydrat = $SO_4ClIr.5NH_3.2H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1984:1:0,7483;\quad \beta = 95^\circ 11\frac{1}{2}'$ Brögger[4]).

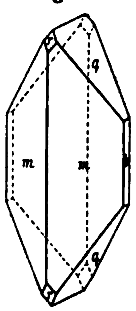
Die von Palmaer[4]) dargestellte Verbindung bildet nach der $b$-Axe prismatische Combinationen von $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $r\{101\}$ mit $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *79° 55' |
| $r:m = (101):(110) =$ | — | *68 0⅓ |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *77 11½ |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | 55° 52' | 55 54 |

Brechbarkeit und Doppelbrechung stark; Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; die 2. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 19° im stumpfen Winkel $\beta$, eine Axe fast senkrecht zu $\varrho\{10\bar{1}\}$; deutliche geneigte Dispersion.

**Pentammin-Kobaltichlorosulfat + Schwefelsäure** (Saures Purpureokobaltchlorosulfat) = $4(SO_4ClCo.5NH_3) + 3SO_4H_2$.

Fig. 697.




Spec. Gew. 1,769 Jaeger[2]).

Rhombisch.. $a:b:c = 0,9025:1:1,609$ Jaeger[2]).

($\chi:\psi:\omega = 7,365:8,160:13,130$ » )

Die von Jörgensen[5]) erhaltenen Krystalle sind nach Jaeger (l. c. 553) dunkel blutrote Nadeln $m\{110\}$, combiniert mit $b\{010\}$, $q\{011\}$ und $r\{101\}$ (Fig. 697).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *95° 52' |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *31 52 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 121° 25' | 121 32 |

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $b$.

**Hexammin-Kobaltichlorosulfat-Trihydrat** (Luteokobaltchlorosulfat) = $SO_4ClCo.6NH_3.3H_2O$.

Fig. 698.

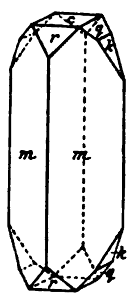
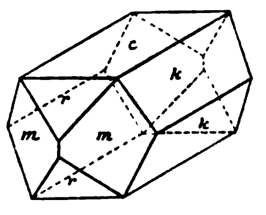



Fig. 699.




Spec. Gew. 1,765 Barker[6]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9986:1:1,0538$ Klobb[7]).

$= 0,9983:1:1,0567$ Barker[6]).

Das Salz wurde dargestellt und gemessen von Klobb[7]), dessen Material auch zu der Untersuchung von Barker[6]) diente (Letzterer bestimmte die S. 471 angegebenen topischen Parameter). Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $k\{021\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$, $x\{223\}$. Bei rascher Krystallisation nadelförmig nach $m$ mit $c$, $r$, $k$, $q$ am Ende (s. Fig. 698,

4) Palmaer, Öfvers. Vet. Akad. Förh. Stockholm 1889, 355. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1895, **10**, 351. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 404.

5) Jörgensen, Journ. f. prakt. Chemie 1878, (2) **18**, 210.

6) Barker, Zeitschr. f. Krystall. 1903, **37**, 275 f.

7) Klobb, Compt. rend. 1900, **131**, 1305. Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 315. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 275.

*q* fehlt nicht selten); bei langsamer Verdunstung der Lösung werden *c* und *k* die vorherrschenden Formen (s. Fig. 699); *q*{011}, gewöhnlich unvollkommen, tritt besonders an Krystallen auf, welche sich aus einer Lösung von Luteokobaltchlorid gebildet hatten; *x*{223} endlich wurde nur an einigen sehr langsam entstandenen Krystallen aus einer Lösung mit Überschuß von Ammoniumsulfat als sehr schmale Flächen beobachtet.

| | Klobb: | | Barker: | |
|---|---|---|---|---|
| | Berechnet: | Beobachtet: | Berechnet: | Beobachtet: |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *89° 55′ | 89° 54′ | 89° 56½′ |
| $k:c = (021):(001) =$ | — | *64 37 | — | *64° 40⅔ |
| $q:c = (011):(001) =$ | 46° 30′ | 46 37 | 46 35 | 46 35 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 46 32 | 46 37 | — | *46 37½ |
| $k:m = (021):(110) =$ | 50 18 | 50 20 | 50 18½ | 50 16 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 59 5 | 59 5 | 59 2½ | 59 3 |
| $r:k = (101):(021) =$ | 72 51 | 72 48 | — | — |
| $x:c = (223):(001) =$ | 44 50 | 44 56 | — | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | — | 59 7½ | 59 6 |
| $q:r = (011):(101) =$ | — | — | 61 50 | 61 49 |

Spaltbarkeit nach {001} ziemlich vollkommen, nach {110} deutlich (Barker).

Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen {100}, 1. Mittellinie Axe *b*; $2E = 77°45'$ für *Na*, 79° ca. für Rot, 76° ca. für Violett (die Hyperbeln sind innen lebhaft rot, außen grün infolge der Absorption des Blau durch die tiefrot gefärbten Krystalle) (Barker).

### Hexammin-Kobaltichloroselenat-Trihydrat (Luteokobaltchloroselenat) = $SeO_4ClCo.6NH_3.3H_2O$.

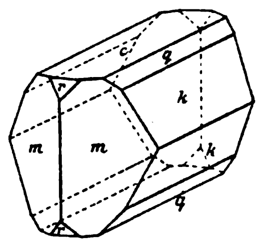
Spec. Gew. 1,937 Barker[6]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 1{,}0013:1:1{,}0577$ Klobb[7]).

$= 1{,}0032:1:1{,}0637$ Barker[6]).

Fig. 700.




Dargestellt von Klobb und gemessen von Klobb und Barker. Beobachtete Formen: *m*{110}, *c*{001}, *k*{021}, *q*{011}, *r*{101}. Die Krystalle sind denen des vorigen Salzes ähnlich, doch herrscht auch häufig die Zone [001, 011, 021] vor (Fig. 700), und *r* fehlt zuweilen ganz. Endlich kommen auch nach Axe *a* nadelförmige Krystalle vor.

| | Klobb: | | Barker: | |
|---|---|---|---|---|
| | Berechnet: | Beobachtet: | Berechnet: | Beobachtet: |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *90° 4½′ | 90° 11′ | 90° 7′ |
| $k:c = (021):(001) =$ | — | *64 42 | 64 49 | 64 36 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 46° 36′ | 46 40 | — | *46 46 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 46 34 | 46 41 | — | *46 40½ |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | — | 58 56 | 59 1½ |
| $k:m = (021):(110) =$ | — | — | 50 8 | 50 26 |
| $r:m = (101):(110) =$ | — | — | 59 6 | 59 5½ |

Spaltbarkeit nach {110} gut, nach {001} ziemlich gut (Barker).

Doppelbrechung negativ; Axenebene {100}, 1. Mittellinie Axe *b*, $2E =$ 76° ca. für Rot, 74° ca. für weißes Licht (Barker).

## Sulfate, Chromate usw. vierwertiger Metalle.

Als ein normales Salz der Säure $UO_4H_2$, nämlich als **Uranouranat** = $(\overset{VI}{U}O_4)_2\overset{IV}{U}$,[1]) kann betrachtet werden der kubisch krystallisierte Uraninit (Uranpecherz, Pechblende), in welchem ein untergeordneter Teil des vierwertigen Urans durch Blei ersetzt ist, während in den Varietäten Bröggerit, Cleveït und Nivenit außerdem Thorium, Yttrium und andere seltene Erdmetalle auftreten. Eine isomorphe Vertretung der vierwertigen Metalle Thorium und Uran findet auch bei ihren im folgenden erwähnten wasserhaltigen Sulfaten statt.

Das vierwertige Tellur verbindet sich mit Schwefelsäure zu einem **basischen Tellursulfat** von der Zusammensetzung $SO_3.2TeO_2$, welches rhombisch krystallisiert.

Sonst sind nur wasserhaltige, hierher gehörige Verbindungen bekannt. **Cerichromat-Dihydrat** = $(CrO_4)_2Ce.2H_2O$, dargestellt von Browning und Flora[2]), bildet nach Blake[2]) mikroskopische, schwach doppeltbrechende rhombische Prismen von 58° mit {100}, {010} und als Endflächen {011} und {001}. Vom Thorium ist ein Chromat von der Formel $(CrO_4)_2Th.3H_2O$ von Haber[3]) in rhombischen Tafeln von 145° dargestellt, aber ebenfalls nicht näher krystallographisch untersucht worden. **Zirkoniumsulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_2Zr.4H_2O$ und **Cerisulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_2Ce.4H_2O$ krystallisieren rhombisch und zeigen eine so gute Übereinstimmung ihrer Form, daß man sie wohl als isomorph betrachten muß (daher dem ersten Salze hier die dem zweiten entsprechende Aufstellung und Bezeichnung gegeben wurde). Sehr ähnlich ist aber auch die Krystallform von **Uranosulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_2U.4H_2O$ und von den isomorphen Mischungen dieses Salzes mit **Thoriumsulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_2Th.4H_2O$. Die letztgenannte Verbindung ist im reinen Zustande noch nicht gemessen worden; aus ihrer Isomorphie mit dem Uransalze geht hervor, daß sie nicht, wie De la Fontaine und Wyrouboff[4]) annahmen, 4½ Mol. $H_2O$ enthält, sondern 4 Mol., wie es Demarçay[5]) und Roozeboom[6]) fanden. Außerdem existieren noch zwei wasserreichere Hydrate dieses Salzes, von welchen die Verbindung mit 8 Mol. $H_2O$ nach Wyrouboff[4]) bei 20°—35°C. krystallisiert, die mit $9H_2O$ am besten bei 5°—10°C., bei höherer

---

1) Wie bereits in Bd. **1**, 116 angegeben ist, könnte man in analoger Weise auch das blaue Molybdänoxydhydrat $Mo_3O_8.5H_2O$ als ein Salz, nämlich als Molybdänomolybdat-Pentahydrat = $(MoO_4)_2Mo.5H_2O$, auffassen.

2) Browning u. Flora (Krystallbest. v. Blake), Amer. Journ. Sc. 1903, (4) **15**, 177. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 192.

3) Haber, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1897, **106** (IIb), 691. Mon.-Hefte f. Chemie **18**, 688.

4) Wyrouboff, Bull. soc. chim. Paris 1901, (3) **25**, 125. Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 64. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 189.

5) Demarçay, Compt. rend. 1883, **96**, 1860.

6) Roozeboom, Zeitschr. f. phys. Chemie 1890, **5**, 202.

Temperatur in immer geringerer Menge neben der anderen; beide sind krystallographisch untersucht: **Thoriumsulfat-Oktohydrat** = $(SO_4)_2Th.8H_2O$ ist monoklin, **Thoriumsulfat-Enneahydrat** = $(SO_4)_2Th.9H_2O$ ebenfalls, besitzt aber natürlich eine davon verschiedene Form. Mit dem letzteren Salze sind isomorph das **Uranosulfat-Enneahydrat** = $(SO_4)_2U.9H_2O$ und das entsprechende selensaure Salz **Thoriumselenat-Enneahydrat** = $(SeO_4)_2Th.9H_2O$. Mischungen dieser Hydrate, von welchen diejenigen des Uransulfates mit dem Thoriumsulfate das meiste Interesse hätten, sind noch nicht dargestellt worden; ebenso liegen keine Versuche vor über die Existenz analoger Zirkon- und Ceriverbindungen, wie bei den Tetrahydraten (s. S. 474).

Von dem vierwertigen Vanadin existiert eine Reihe von Sulfaten, in welchen die Gruppe $VO$ die Rolle eines zweiwertigen Metalles spielt, z. B. $SO_4(VO)$ und dessen Hydrate, deren Krystallformen jedoch nicht bekannt sind; auch von den durch Gain[7]) beschriebenen sauren Sulfaten von $VO$ fehlt die Angabe von Messungen.

Endlich ist noch eine Ammoniakverbindung zu erwähnen, welche sich von den Bd. **1**, S. 266 und 267 beschriebenen Halogenverbindungen dadurch unterscheidet, daß die beiden Halogenatome durch $SO_4$ ersetzt sind: **Tetrammin-Rutheniumnitrosohydroxysulfat-Monohydrat** = $SO_4Ru(NO)(OH).4NH_3.H_2O$; dieses Salz krystallisiert triklin.

### Basisches Tellursulfat = $SO_3.2TeO_2$.

Spec. Gew. 4,605 Vrba[8]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,5265:1:0,7860$ Vrba[8]).

Dargestellt von Brauner durch Lösen von $TeO_2$ in 50%iger Schwefelsäure und langsames Abdampfen der Lösung. Die entweder kurzprismatischen oder nach $c\{001\}$ tafelförmigen Krystalle zeigen die Formen (Fig. 701): $c\{001\}$, $b\{010\}$,

Fig. 701.

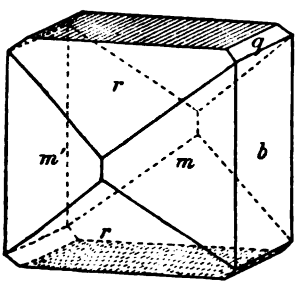



Fig. 702.

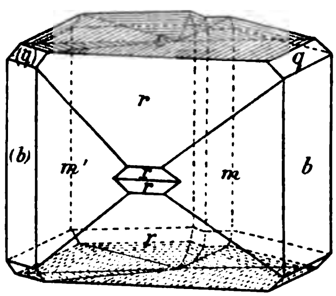
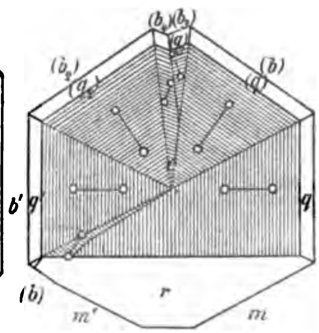



Fig. 703.




$m\{110\}$, $r\{101\}$ und $q\{011\}$; letztere Form gerundet oder durch Vicinalflächen ersetzt; sie sind nie einfache, wie sie Fig. 701 darstellt, sondern stets Ver-

7) Gain, Compt. rend. 1906, **143**, 1154.

8) Vrba, Zeitschr. f. Krystallogr. 1891, **19**, 1.

wachsungen von fünf Krystallen mit $m\{110\}$ als Zwillingsebene, s. Fig. 702 und (auf $c\{001\}$ projiciert) Fig. 703.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *55° 32′ |
| $r : r_{,} = (101) : (10\bar{1}) =$ | — | *67 38 |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 42° 41′ | 42 47 |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | 76 20 | 76 34 |
| $q : r = (011) : (101) =$ | 63 53 | 63 39 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2E = 53° 55'$ ($Na$).

### Zirkoniumsulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2Zr.4H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}7491 : 1 : 0{,}4739$ Weibull[9]).

Dargestellt von Weibull; sechsseitige dünne Tafeln nach $b\{010\}$, begrenzt von $p\{111\}$ und $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p : p = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *43° 39′ |
| $p : p' = (111) : (\bar{1}11) =$ | 59° 31′ | 59 19 |
| $p : p_{,} = (111) : (11\bar{1}) =$ | — | *103 21 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$.

### Cerisulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2Ce.4H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}717 : 1 : 0{,}471$ Slavík[10]).

Das von Brauner[10]) dargestellte Salz bildet nach Slavík prismatische Krystalle (Fig. 704 a), von herzförmigem Querschnitte (Fig. 704 b), Zwillinge

Fig. 704 a.

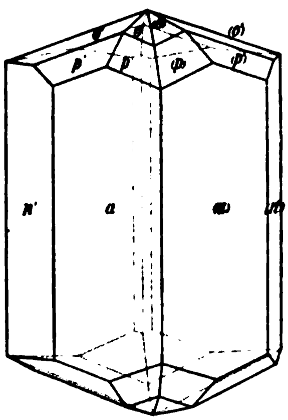
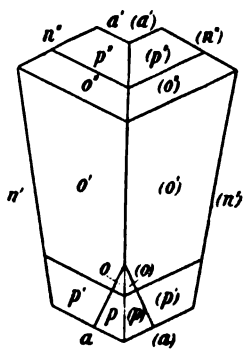


Fig. 704 b.



9) Weibull, Öfvers. Vet. Akad. Förh. 1887, 329. Ber. d. d. chem. Ges. 1887, **20**, 1396. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 96.

10) Brauner (kryst. Unters. von Slavík, nicht, wie angegeben, von Vrba), Zeitschr. f. anorg. Chem. 1904, **39**, 290. C. Akad. Prag (böhm.) 1904, **13**, II, Nr. 14. Journ. soc. phys.-chim. russe (russ.) 1904, **36**, 656. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 672.

nach {130}; Combination: $n\{120\}$, $a\{100\}$, $p\{111\}$ und $o\{133\}$. Nur approximativ meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *42° 19′ |
| $p:a = (111):(100) =$ | — | *59 16 |
| $n:a = (120):(100) =$ | 54° 41½′ | 54 22 |
| $o:o = (133):(1\bar{3}3) =$ | 48 38 | 49 25 |
| $o:a = (133):(100) =$ | 78 47½ | 78 30 |
| $a:\underline{a} = (100):(\underline{\bar{1}00}) =$ | 50 33 | 49 55 |
| $p:\underline{p} = (111):(\underline{\bar{1}\bar{1}\bar{1}}) =$ | 12 25 | 13 18 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung stark; durch $c\{001\}$ kein Axenbild sichtbar. Farbe gelb; Schwingungen ‖ Axe $a$ hellgelbgrün, ‖ $c$ gelb (Slavík, Privatmitt.).

### Uranosulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2U.4H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7563:1:0{,}3805$ Melville[11]).

Die von Hillebrand[11]) dargestellten Krystalle sind tafelförmig nach $b\{010\}$ und zeigen ferner die Formen: $p\{111\}$, $r\{101\}$, untergeordnet $k\{021\}$, $n\{120\}$ und selten $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *38° 7′ |
| $p:p' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *51 9 |
| $n:b = (120):(010) =$ | 33° 28′ | 33 49 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 54 21 | 54 23 |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1) =$ | 75 40 | 75 34 |

#### Isomorphe Mischung: $(SO_4)_2(U, Th).4H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7508:1:0{,}3912$ Melville[11]).

Hillebrand stellte Mischungen der beiden Sulfate in verschiedenen Verhältnissen dar, gibt aber nicht an, welche derselben zu den Messungen Melvilles benutzt wurden. Letzterer beobachtete an den grünen Mischkrystallen die Combination von $r\{101\}$ mit $k\{021\}$ in ungefähr gleicher Größe, untergeordnet $p\{111\}$, $n\{120\}$ und $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *38 16′ |
| $p:p' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *51 46 |
| $n:b = (120):(010) =$ | 33° 39½′ | 33 25 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 55 2½ | 55 14 |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1) =$ | 76 5 | 76 6 |

### Thoriumsulfat-Oktohydrat = $(SO_4)_2Th.8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7535:1:0{,}5570$; $\beta = 93° 0'$ Wyrouboff[12]).

11) Hillebrand u. Melville, Amer. Chem. Journ. 1892, **14**, 1. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **23**, 615.

12) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 114. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 197.

Das Salz krystallisiert nach Wyrouboff[4]) aus Lösungen über 20° C. neben dem Enneahydrate, bei 30°—35° allein, in großen, parallel {001} gestreiften Prismen *m*{110} mit *c*{001}, untergeordnet *a*{100}, *ξ*{55$\bar{2}$} und *o*{111}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *87° 0′ |
| $m : m' = (110) : (1\bar{1}0) =$ | 73° 56′ | — |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 87 37 | 87 30 |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *47 10 |
| $o : c = (111) : (001) =$ | — | *41 40 |
| $\xi : c' = (55\bar{2}) : (00\bar{1}) =$ | 68 39 | 68 36 |
| $\xi : \xi = (55\bar{2}) : (5\bar{5}\bar{2}) =$ | 68 10 | — |
| $\xi : a = (55\bar{2}) : (100) =$ | 43 34 | 43 40 |

Doppelbrechung positiv, sehr schwach; Axenebene *b*{010}; 1. Mittellinie bildet 65° mit der *c*-Axe im stumpfen Winkel *β*; $2V = 76°20'$, Dispersion gering, $\varrho < v$; $\beta = 1{,}5168$.

### Thoriumsulfat-Enneahydrat = $(SO_4)_2Th \cdot 9H_2O$.

Spec. Gew. 2,767 Topsøe[13]), 2,766 Kraus[14]).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}5972 : 1 : 0{,}6667$; $\beta = 98°17'$ Kraus[14]).

Das Salz wurde zuerst von Chydenius dargestellt und von Nordenskiöld[15]) gemessen; Dieser beobachtete die Combination: *m*{110}, *c*{001}, *a*{100}, *b*{010}, *q*{011}, häufig in Zwillingen nach *a*{100}. An einem von De la Fontaine erhaltenen Präparate bestimmte Marignac[16]) die gleichen Formen, und außerdem zwischen *q* und *c* noch gestreifte Flächen, denen er die Symbole {016} und {018} gibt. Ähnliche Vicinalflächen zu *c*{001} beobachtete auch Bodewig (unveröffentlichte Privatmitt.) an einem sehr reinen Präparate von Bunsen und fand für sie das Symbol {0.1.12}. Topsøe[13]) untersuchte Krystalle, welche Cleve dargestellt hatte und die *m*{110} und *q*{011} ungefähr gleich groß zeigten, während *c*{001}, *a*{100}, *ϱ*{10$\bar{1}$} und *b*{010} nur als schmale Abstumpfungen auftraten und die beiden letzten Formen auch oft ganz fehlten. An Krystallen mit denselben Formen stellte ferner Rammelsberg[17]) einige Messungen an. Die ausführlichste Untersuchung rührt von Kraus[14]) her, welcher außer der einfachen Combination Fig. 705 an Zwillingskrystallen nach *a*{100} (Fig. 706) noch die Formen *ϱ*{10$\bar{1}$}, *ω*{11$\bar{1}$}, *ξ*{12$\bar{1}$} und *t*{031} beobachtete. Alle diese Formen außer der letzten, dafür aber *s*{021}, fand Zambonini[18]) an Krystallen,

Fig. 705.

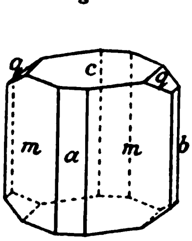
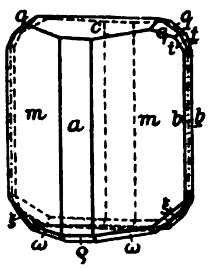



Fig. 706.




13) Topsøe, Bih. t. Sv. Akad. Handl. Stockholm 1874, **2**, Nr. 5, 32.

14) Kraus, Zeitschr. f. Krystallogr. 1901, **34**, 423.

15) Chydenius (Mess. v. Nordenskiöld), Poggendorffs Ann. d. Phys. 1863, **119**, 50.

16) De la Fontaine (Mess. v. Marignac), Bibl. Univ. Arch. d. sc. phys. nat. Genève 1863, **18**, 345. Marignac, Oeuvres **2**, 152.

17) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 441.

18) Zambonini, Gazzetta chimica ital. 1902, **32**, II, 525. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **40**, 288.

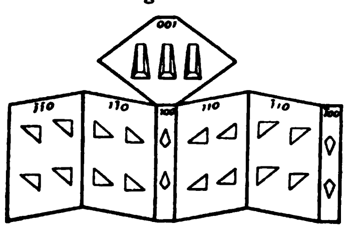
welche er von Manuelli und Gasparinetti erhalten hatte und an denen er die drei in der folgenden Tabelle mit * bezeichneten Winkel sehr genau bestimmen konnte. Wie ersichtlich, differieren die Werte der verschiedenen Beobachter beträchtlich. Außer der gewöhnlichen Zwillingsbildung nach $a\{100\}$ beobachtete Fock[19]) nicht selten auch eine solche nach $c\{001\}$ und an einzelnen Krystallen Zwillingslamellen nach beiden Gesetzen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Topsøe: | Nordenskiöld: | Marignac: | Rammelsberg: | Bodewig: | Zambonini: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *30° 35′ | 30° 23′ | 30° 35′ | 30° 30′ | 30° 22′ | 30° 28′ | *30° 41′ |
| $c:a = (001):(100) =$ | — | *81 43 | 81 36 | — | 81 40 | 81 30 | 81 41 | *81 54½ |
| $c:q = (001):(011) =$ | — | *33 25 | 33 42 | 33 3 | 34 8 | 33 17½ | 33 33 | *33 7 |
| $c:m = (001):(110) =$ | 82° 53′ | 82 55 | 83 38 | — | — | — | — | 82 59½ |
| $c':\varrho = (00\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 52 46½ | 52 41 | 51 21 | — | — | — | 51 31 ca. | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 56 53 | 56 49 | — | — | — | — | — | 56 22 |
| $\varrho:\xi = (10\bar{1}):(12\bar{1}) =$ | 43 52 | 43 43 | — | — | — | — | — | — |
| $\varrho:\omega = (10\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 25 26 | 25 23 | — | — | — | — | — | — |
| $m:q = (110):(011) =$ | 67 20 | 67 29 | 67 14 | — | 66 50 | — | — | — |
| $a:q = (100):(011) =$ | 83 6 | 83 10 | 81 38 | 83 9 | 82 55 | — | — | — |
| $q:\xi = (01\bar{1}):(12\bar{1}) =$ | 41 47 | 41 44½ | — | — | — | — | — | — |
| $t:\xi = (03\bar{1}):(12\bar{1}) =$ | 35 40½ | 35 40½ | — | — | — | — | — | — |
| $c:t = (001):(031) =$ | 63 26 | 63 25½ | — | — | — | — | — | — |
| $c:s = (001):(021) =$ | (52 32 Z.) | — | — | — | — | — | — | 52 22 |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | 50 43 | 50 45½ | — | — | — | — | — | — |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 79 50 | 79 55½ | 79 14 | — | — | — | — | — |
| $a:\xi = (100):(12\bar{1}) =$ | 59 39 | 59 25 | — | — | — | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ und $b\{010\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen, nach Kraus und Fock (Topsøe gibt an: nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $a\{100\}$ gut).

Ätzfiguren, durch Wasser hervorgebracht, nach Kraus Fig. 707.

Fig. 707.




Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; 1. Mittellinie, im spitzen Winkel $\beta$, bildet mit der $c$-Axe 15,5° für $Li$, 17,2° für $Na$, 18,1° für $Tl$; $2E = 84° 4'$ für $Li$, 83° 53′ für $Na$, 83° 49′ für $Tl$ (Bodewig); nach Diesem ist die Doppelbrechung negativ und stark, während Fock angibt »positiv«, Kraus »positiv und ziemlich schwach«).

## Uranosulfat-Enneahydrat $= (SO_4)_2U \cdot 9H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}5970:1:0{,}6555; \quad \beta = 97° 49' \text{ Fock}^{20)}.$$

Nach den älteren Untersuchungen von De la Provostaye[21]) und Rammelsberg[22]) krystallisiert das Salz rhombisch, und es wurde ihm die Formel

19) Fock, Zeitschr. f. Krystallogr. 1900, **32**, 252.

20) Rammelsberg (Mess. v. Fock), Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1886, 603. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 640.

21) De la Provostaye, Ann. chim. phys. 1842, (3) **5**, 48.

22) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1842, **56**, 129 und Kryst. Chemie, Berlin 1855, 110.

$(SO_4)_2U.8H_2O$ zugeschrieben. Später stellte Rammelsberg[20]) die richtige Zusammensetzung fest und Fock[20]) erkannte, daß die scheinbar rhombischen Krystalle Zwillinge nach $a\{100\}$ seien; sie zeigen die Formen: $m\{110\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | De la Provostaye: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *61° 12′ | 61° 0′ | 61° 22′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *82 11 | 81 55 | 82 7 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 83° 16′ | 83 31 | — | — |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *57 0 | 56 25 | 50 12 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 67 57 | 67 36 | — | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen, nach $q\{011\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen $\perp b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 17° im spitzen Winkel $\beta$; Axenwinkel groß.

### Thoriumselenat-Enneahydrat = $(SeO_4)_2Th.9H_2O$.

Spec. Gew. 3,026 Topsøe[13]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}5984:1:0{,}6542$; $\beta = 98°26'$ Topsøe[13]).

Dargestellt von Cleve. Combination: $m\{110\}$ und $q\{011\}$ gleich groß ausgebildet, untergeordnet: $a\{100\}$, $\varrho\{\bar{1}01\}$ und zuweilen $b\{010\}$; häufig Zwillinge nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *61° 14½′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 81° 34′ | 81 36 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 82 45 | 82 47½ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *65 49 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 67 30 | 67 39 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *99 50 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 82 56 | 82 56½ |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen.

### Tetrammin-Rutheniumnitrosohydroxysulfat-Monohydrat = $SO_4Ru(NO)(OH).4NH_3.H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1{,}6301:1:1{,}2827$ Dufet[23]).

$\alpha = 110°12'$, $\beta = 114°4'$, $\gamma = 83°33'$.

Dargestellt von Joly[24]). Die sehr genau meßbaren Krystalle zeigen nach Dufet vorherrschend die Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, untergeordnet: $x\{1\bar{1}2\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$, $a\{100\}$, $\tau\{31\bar{2}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:a = (001):(100) =$ | 66° 41′ | 66° 42′ |
| $a:\sigma = (100):(20\bar{1}) =$ | — | *39 50 |
| $\sigma:c' = (20\bar{1}):(00\bar{1}) =$ | — | *73 29 |
| $\varrho:c' = (10\bar{1}):(00\bar{1}) =$ | 44 19 | 44 20 |

23) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 472. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 278.

24) Joly, Compt. rend. 1889, **108**, 1300.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\mu : c = (1\bar{1}0) : (001)$ | = — | *94° 33′ |
| $x : c = (1\bar{1}2) : (001)$ | = 31° 24′ | 31 23 |
| $m : c = (110) : (001)$ | = 64 31 | 64 32 |
| $m : \xi = (110) : (11\bar{2})$ | = 67 57 | 67 57 |
| $m : \mu = (110) : (1\bar{1}0)$ | = — | *116 29 |
| $m : a = (110) : (100)$ | = — | *44 18 |
| $x : a = (1\bar{1}2) : (100)$ | = 59 3½ | 59 6 |
| $a : \xi = (100) : (11\bar{2})$ | = 79 43 | 79 41½ |
| $\tau : a = (31\bar{2}) : (100)$ | = 46 6 | 46 6 |
| $\mu : \sigma = (1\bar{1}0) : (20\bar{1})$ | = 67 59 | 67 27½ |
| $\sigma : \tau = (20\bar{1}) : (31\bar{2})$ | = 24 1 | 24 0 |
| $\mu : \varrho = (1\bar{1}0) : (10\bar{1})$ | = 71 44 | 71 44 |
| $\varrho : \xi = (10\bar{1}) : (11\bar{2})$ | = 34 42 | 34 40 |
| $m : x' = (110) : (\bar{1}1\bar{2})$ | = 98 45 | 98 47 |
| $m : \tau = (110) : (31\bar{2})$ | = 47 20 | 47 19 |
| $c' : \tau = (00\bar{1}) : (31\bar{2})$ | = 74 14 | 74 11 |

## Doppelsulfate, -chromate usw. von zwei- und einwertigen Metallen und analogen Atomgruppen.

Das Mineral Glauberit, **Natriumcalciumsulfat** = $(SO_4)_2CaNa_2$, krystallisiert monoklin und ist durch seine optischen Eigenschaften (Kreuzung der Axenebenen für verschiedene Farben) von Interesse. Nach derselben Formel zusammengesetzt sind folgende Doppelsalze, welche Mallet[1]) aus dem Schmelzflusse in kubischen Krystallen erhalten zu haben angibt: **Kaliummagnesiumsulfat** = $(SO_4)_2MgK_2$, Tetraëder {111}, zuweilen mit kleinen Flächen von {1$\bar{1}$1}; **Rubidiummagnesiumsulfat** = $(SO_4)_2MgRb_2$, dieselben Formen, oft von unvollzähliger Ausbildung; **Kalium-**, **Rubidium-** und **Thalliummanganosulfat** = $(SO_4)_2MnK_2$ bzw. $(SO_4)_2MnRb_2$ und $(SO_4)_2MnTl_2$, ähnliche rötlichweiße Krystalle; **Kaliumnickelsulfat** = $(SO_4)_2NiK_2$, gelbe Tetraëder; **Kaliumkobaltosulfat** = $(SO_4)_2CoK_2$, violette Tetraëder. Während das Kaliummagnesiumsalz auch von Berthelot und Hosvay[2]) angegeben wird, fand Nacken[3]) bei der Untersuchung der Erstarrungstemperaturen der geschmolzenen Mischungen von Kaliumsulfat und Magnesiumsulfat, daß sich nur eine Verbindung dieser beiden Componenten bilde, aber nicht diejenige gleicher Moleküle, sondern **Kaliumdimagnesiumsulfat** = $(SO_4)_3Mg_2K_2$, welches auch natürlich als Langbeinit in den Steinsalzlagerstätten sich findet und dessen Bildung aus Lösungen von van 't Hoff[4]) untersucht worden ist; dieses ebenfalls kubische und zwar tetraëdrisch-pentagondodekaëdrisch krystallisierende Salz wurde auch von Mallet[5]) aus dem Schmelzflusse

1) Mallet, Journ. Chem. Soc. London 1902, **81**, 1546. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **39**, 90.

2) Berthelot u. Hosvay, Ann. chim. phys. 1883, (5) **29**, 329.

3) Nacken, Nachr. k. Ges. d. Wiss. Göttingen 1907, 602.

4) Van 't Hoff, Sitzungsber. k. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1904, 576 u. 659. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 660.

5) Mallet, Journ. Chem. Soc. London 1900, **77**, 216. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 90.

erhalten und außerdem noch folgende, unzweifelhaft damit isomorphe Doppelsalze: **Rubidiumdimagnesiumsulfat** $(SO_4)_3Mg_2Rb_2$ in Oktaëdern mit schmalem {110}, **Kaliumdimanganosulfat** $(SO_4)_3Mn_2K_2$ in blaßroten Tetraëdern, **Kaliumdinickelsulfat** $= (SO_4)_3Ni_2K_2$ in Combinationen beider Tetraëder, zuweilen mit kleinen Flächen {100}, **Kaliumdikobaltosulfat** $= (SO_4)_3Co_2K_2$ in purpurroten Tetraëdern oder Combinationen von {111} mit untergeordneten {1$\bar{1}$1} und {100}, endlich **Kaliumdizinksulfat** $= (SO_4)_3Zn_2K_2$ in einfachen Tetraëdern; auch Mischungen dieser Salze krystallisieren in denselben Formen. Das in einaxigen Blättchen von starker negativer Doppelbrechung vorkommende Mineral Palmierit ist wahrscheinlich $(SO_4)_3Pb_2(K, Na)_2$, und ein anderes Mineral, der Euchlorin, ebenfalls eine Mischung von Kalium- und Natriumverbindung, hat die Zusammensetzung eines basischen Salzes: $(SO_4)_3Cu_3O(K, Na)_2$; letzteres krystallisiert rhombisch $(a:b:c = 0{,}7616:1:1{,}8755)$.

Das Doppelsalz $(SO_4)_2SnK_2$ krystallisiert nach Marignac[6]) in feinen Nadeln, welche nicht gemessen werden konnten, dagegen existiert eine Verbindung desselben mit einem Halogenide, deren Krystallform als hexagonal bestimmt wurde: **Kaliumstannosulfat-Stannochlorid** $= 4(SO_4)_2SnK_2 . SnCl_2$.

Alle übrigen hierher gehörigen Doppelsalze sind wasserhaltig. Den niedrigsten Gehalt an Krystallwasser besitzt das Kaliumpentacalciumsulfat-Monohydrat $= (SO_4)_6Ca_5K_2 . H_2O$, welches nach van 't Hoff[7]) durch Einwirkung von Kaliumsulfatlösung auf Gyps bei 100° in wohlausgebildeten Krystallen entsteht, die jedoch nicht gemessen wurden. Die Verbindung gleicher Moleküle derselben Componenten mit 1 Mol. Wasser bildet das monokline Mineral Syngenit, **Kaliumcalciumsulfat-Monohydrat** $= (SO_4)_2CaK_2 . H_2O$; Faßbender[8]), welcher mehrere Darstellungsmethoden dieses Doppelsalzes beschrieb, erhielt auch das entsprechende Ammoniumsalz. Daß Magnesium und Calcium einander auch in den Doppelsulfaten nicht isomorph vertreten, beweist die Existenz der beiden, wie der Syngenit, in den Steinsalzlagerstätten vorkommenden Tripelsalze Polyhalit $= (SO_4)_4Ca_2MgK_2 . 2H_2O$ und Krugit $= (SO_4)_6Ca_4MgK_2 . 2H_2O$, deren Krystallform nicht bekannt ist. Das gleiche Verhältnis von $SO_4 : H_2O$, wie dem Syngenit und Polyhalit, kommt endlich auch einem sauren Salze, dem rhombisch krystallisierenden **Dihydrotetrakaliummanganosulfat-Dihydrat** $= (SO_4)_4MnK_4H_2 . 2H_2O$ zu. Nur wenig wasserreicher ist das trigonal krystallisierende **Hexanatriumtetramanganosulfat-Oktohydrat** $= (SO_4)_7Mn_4Na_6 . 8H_2O$, dessen Formel eine auffallend complicierte ist, ferner die beiden nach Bertrand[9]) in rhombischen Prismen von 74° krystallisieren-

---

6) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1857, (5) **12**, 54. Oeuvres **1**, 529.

7) Van 't Hoff, Sitzungsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1904, 935. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 661.

8) Faßbender, Ber. d. d. chem. Ges. 1876, **9**, 1358.

9) Gorgeu (Krystallbest. v. Bertrand), Compt. rend. 1882, **95**, 82. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 407.

den basischen Salze **Kalium- und Ammoniumhydroxymanganosulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_3Mn_3(OH)_2K_2.2H_2O$ und $(SO_4)_3Mn_3(OH)_2(NH_4)_2.2H_2O$.

Dem Verhältnisse $SO_4:H_2O = 2:1\frac{1}{2}$ entspricht die Zusammensetzung der beiden monoklinen und vollkommen isomorphen Doppelsalze: **Kaliummanganosulfat-Hemitrihydrat** = $(SO_4)_2MnK_2.1\frac{1}{2}H_2O$ und **Kaliumcadmiumsulfat-Hemitrihydrat** = $(SO_4)_2CdK_2.1\frac{1}{2}H_2O$.

Größer ist die Reihe der Verbindungen mit 2 Mol. $H_2O$, und unter diesen befindet sich auch ein saures Salz, das triklin krystallisierende **Monokaliummanganosulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_2MnKH.2H_2O$. **Natriummanganosulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_2MnNa_2.2H_2O$ krystallisiert monoklin; **Natriumcuprisulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_2CuNa_2.2H_2O$ ist bisher nicht in meßbaren Krystallen dargestellt worden, hat sich aber in solchen als Mineral Kröhnkit gefunden und ist mit dem Mangansalze vollkommen isomorph. Dagegen existiert auch hier, wie bei den früher betrachteten schwefelsauren Salzen, keine Isomorphie zwischen den entsprechenden Kalium- und Natriumverbindungen, denn **Kaliummanganosulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_2MnK_2.2H_2O$ krystallisiert triklin mit Elementen, welche allerdings mit denen von $(SO_4)_2MnNa_2.2H_2O$ einige Verwandtschaft zeigen, aber mit anderem Habitus und ganz anderen Cohäsionsverhältnissen; es gehört einer isomorphen Gruppe von analogen Doppelsalzen an, deren Krystalle, wie Wyrouboff[10]) durch eingehende Untersuchung gezeigt hat, nicht nur in geometrischer, sondern auch in optischer Beziehung eine große Annäherung an monokline Symmetrie erkennen lassen und z. T. durch eine besondere Deformationsfähigkeit ausgezeichnet sind. Von schwefelsauren Salzen gehören zu dieser Gruppe: **Rubidiummanganosulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_2MnRb_2.2H_2O$, **Kaliumferrosulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_2FeK_2.2H_2O$, **Kaliumcadmiumsulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_2CdK_2.2H_2O$ und wahrscheinlich auch **Ammoniumuranylsulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_2UO_2(NH_4)_2.2H_2O$, von welchem nur ältere, approximative und nicht durch optische Untersuchung controlierte Messungen vorliegen, nach denen das Salz monoklin krystallisiert, aber unverkennbare Ähnlichkeiten mit den vorhergenannten darbietet (der Nachweis dieser Isomorphie, der natürlich eine vollständig neue Untersuchung des Salzes erfordert, würde von besonderem Interesse sein wegen der Analogie, welche das Uranyl mit den zweiwertigen Metallen in chemischer Beziehung zeigt). Ferner sind als derselben isomorphen Gruppe angehörig erkannt worden **Kaliummagnesiumchromat-Dihydrat** = $(CrO_4)_2MgK_2.2H_2O$, während das entsprechende schwefelsaure und das selensaure Salz nur mit 6 Mol. $H_2O$ krystallisiert zu existieren scheinen, und **Kaliumcalciumchromat-Dihydrat** = $(CrO_4)_2CaK_2.2H_2O$, welches seine Abweichung von dem Magnesiumsalze durch die Existenz einer zweiten, ebenfalls triklinen Modification, die bei keinem der übrigen

10) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 233. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 191.

Salze beobachtet wurde, documentiert; auch hier gibt es kein entsprechendes Sulfat oder Selenat. Endlich sind mit den vier zuerst genannten schwefelsauren Salzen noch die folgenden selensauren isomorph: **Kaliummanganoselenat-Dihydrat** $= (SeO_4)_2MnK_2.2H_2O$, **Kaliumzinkselenat-Dihydrat** $= (SeO_4)_2ZnK_2.2H_2O$, **Kalium- und Ammoniumcadmiumselenat-Dihydrat** $= (SeO_4)_2CdK_2.2H_2O$ und $(SeO_4)_2Cd(NH_4)_2.2H_2O$. In der folgenden Tabelle sind die Axenverhältnisse und Fundamentalwinkel der ganzen Gruppe übersichtlich zusammengestellt:

| | Äqu.-V. | *a* | *c* | (001):(010) | (001):(100) | (100):(010) | (101):($\bar{1}$01) | (110):(1$\bar{1}$0) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *K-Mn*-Sulfat: | 137,2 | 0,7161 | 0,4482 | 94°58′ | 78°18′ | 93° 5′ | 68°29′ | 70°13′ |
| *Rb-Mn-* » | 152,2 | 0,8250 | 0,4412 | 89 42 | 71 14 | 90 27 | 54 48 | 75 59 |
| *K-Fe-* » | 134,9 | 0,7113 | 0,4501 | 95 33 | 77 21 | 94 18 | 64 0 | 70 8 |
| *K-Cd-* » | 143,0 | 0,7967 | 0,4241 | 91 11 | 70 37 | 91 54 | 54 30 | 73 49 |
| *K-Mg*-Chromat: | 142,5 | 0,6551 | 0,4326 | 96 20 | 76 52 | 94 42 | 66 12 | 65 22 |
| *K-Ca-* » | 160,5 | 0,6391 | 0,4383 | 103 26 | 77 10 | 99 30 | 66 0 | 66 1 |
| *K-Mn*-Selenat: | 148,5 | 0,6911 | 0,4430 | 96 19 | 77 37 | 94 44 | 64 40 | 68 20 |
| *K-Zn-* » | 145,1 | 0,7060 | 0,4335 | 97 9 | 79 39 | 96 23 | 62 39 | 69 55 |
| *K-Cd-* » | 151,4 | 0,7239 | 0,4614 | 96 7 | 77 41 | 94 45 | 64 22 | 68 2 |
| *Am-Cd-* » | 162,1 | 0,7277 | 0,4418 | 99 56 | 73 51 | 91 16 | 60 49 | 70 43 |

Man ersieht aus vorstehender Übersicht, daß diese Körper trotz der nahen Verwandtschaft ihrer krystallographischen Eigenschaften teilweise so große Differenzen der entsprechenden Winkel zeigen, wie sie im allgemeinen bei isomorphen Körpern nicht vorkommen; Wyrouboff unterscheidet deshalb in dieser Reihe drei besondere Gruppen: 1) die der Salze $(SO_4)_2MnRb_2.2H_2O$ und $(SO_4)_2CdK_2.2H_2O$, charakterisiert durch ähnliche Winkel (101):($\bar{1}$01) und (110):(1$\bar{1}$0), sowie durch eine extreme Tendenz zur Zwillingsbildung; 2) die übrigen mit Ausnahme des Calciumsalzes, welche sämtlich krystallographisch und z. T. auch optisch einander näher stehen; endlich 3) das in den Winkeln sehr abweichende Salz $(CrO_4)_2CaK_2.2H_2O$. Die Untersuchung der optischen Eigenschaften der Körper bei erhöhter Temperatur ergab folgendes: Die Salze $(SO_4)_2MnRb_2$, $(SeO_4)_2CdK_2$, $(SeO_4)_2ZnK_2$, $(SeO_4)_2MnK_2$ und $(CrO_4)_2CaK_2$ (alle $+ 2H_2O$) verändern beim Erhitzen die optischen Eigenschaften nicht wesentlich, dagegen ist dies in hohem Maße bei den anderen Salzen der Fall. Durch Spaltblättchen nach {$\bar{1}$01} von $(SO_4)_2CdK_2.2H_2O$ sieht man infolge der Zwillingsbildung bei gewöhnlicher Temperatur vier Axenbilder, von denen zwei sich am Rande des Gesichtsfeldes befinden; bei 70° findet eine plötzliche Umwandlung statt, die Zwillingsbildung verschwindet und es entsteht ein kleiner Axenwinkel ($2E = 24°$), sehr starke Dispersion und ganz schwache, negative Doppelbrechung; die Axenebene dieser neuen Modification bildet einen Winkel von 78° mit Kante ($\bar{1}$01):(101), die Mittellinie ist senkrecht zur krystallographischen Axe *b* und bildet einen Winkel von ca. 23° mit der Senkrechten zu {$\bar{1}$01}; erhitzt man weiter, so vereinigen sich die beiden Axen, gehen bei 85° in einer zur vorigen senkrechten Richtung wieder aus einander, entfernen sich von

einander unter rapider Zunahme der Doppelbrechung, und bei 110°, bei welcher Temperatur das Salz sein Wasser verliert, hat man ein System mit $2E = 34°$, mittlerer Doppelbrechung, schwacher Dispersion, Axenebene unter einem Winkel von 12° gegen Kante $(101):(\bar{1}01)$ geneigt. Es stimmen die optischen Eigenschaften bei dieser Temperatur mit denen des Salzes $(SO_4)_2MnRb_2.2H_2O$ überein; die beiden Körper, welche bei gewöhnlicher Temperatur sehr ähnliche Winkel haben, werden erst oberhalb 85° auch hinsichtlich der optischen Eigenschaften einander ähnlich. Die beschriebenen Umwandlungen sind reversibel. Spaltblättchen nach $\{101\}$ oder $\{\bar{1}01\}$ von $(SO_4)_2MnK_2.2H_2O$ verwandeln sich bei 70° in ein Aggregat äußerst feiner Zwillingslamellen, die der Kante $(001):(100)$ parallel laufen; die Umwandlung ist meist so heftig, daß der Krystall in Lamellen zerfällt, die umhergeschleudert werden; die so entstandene zweite Modification ist etwas weniger stark doppeltbrechend als die bei gewöhnlicher Temperatur beständige; sie stimmt zweifellos überein mit der in der Kälte stabilen Modication des Salzes $(SO_4)_2CdK_2.2H_2O$; erhitzt man weiter, so beobachtet man eine Erscheinung ganz analog der beim Kaliumcadmiumsulfat beschriebenen: die Zwillingsstreifung verschwindet wieder, die Doppelbrechung wird nochmals geringer, und die Auslöschung bildet dann einen Winkel von ca. 10° mit Kante $(101):(\bar{1}01)$. Beim Verdunsten einer gleiche Gewichtsmengen $(SO_4)_2MnK_2.2H_2O$ und $(SO_4)_2CdK_2.2H_2O$ enthaltenden Lösung bei 40° erhielt Wyrouboff schöne, centimetergroße Krystalle von der Form des Cadmiumsalzes. Dieselben zerfallen bei der Berührung mit einem harten Gegenstande oder beim Schütteln in Spaltungsstücke unter gleichzeitiger Umwandlung in eine Modification, welche der des Mangansalzes bei gewöhnlicher Temperatur entspricht. Wyrouboff schließt daraus, daß das Kaliummanganosulfat trimorph ist; alle drei Modificationen sind triklin, die erste isomorph mit den Salzen $(SO_4)_2FeK_2.2H_2O$ und $(SeO_4)_2MnK_2.2H_2O$, die zweite, über 70° beständige, mit dem $(SO_4)_2CdK_2.2H_2O$ bei gewöhnlicher Temperatur, und die dritte, bei noch höherer Temperatur entstehend, mit $(SO_4)_2MnRb_2.2H_2O$. Kaliumferrosulfat-Dihydrat geht beim Erhitzen auf 95° in eine andere Modification über, welche mit der bei gewöhnlicher Temperatur stabilen Form des Salzes $(SO_4)_2ZnK_2.2H_2O$ übereinstimmt; die Umwandlung erfolgt spontan und ist reversibel; durch Spaltblättchen nach $\{101\}$ sieht man, daß die Ebene der optischen Axen zu dieser Fläche senkrecht wird und mit der Kante $(101):(\bar{1}01)$ einen Winkel von ca. 10° bildet, während sie bei der bei gewöhnlicher Temperatur beständigen Modification dieser Kante parallel ist; die negativ bleibende Bisectrix bildet mit der Normalen zu $\{101\}$ einen Winkel von 12°; $2E = 115°$, Dispersion schwach, $\varrho < v$, die Doppelbrechung wird bedeutend stärker. Beim Erhitzen von Spaltblättchen nach $\{\bar{1}01\}$ von $(SeO_4)_2Cd(NH_4)_2.2H_2O$ erscheinen oberhalb 60° plötzlich Zwillingslamellen parallel der Kante $(101):(\bar{1}01)$; diese verschwinden bald bei weiterem Erhitzen, und man erhält eine Modification mit folgenden Eigenschaften: die

Axenebene bildet einen Winkel von 25° mit der Normalebene zu {$\bar{1}01$}, die negative Bisectrix ist senkrecht zur $b$-Axe, $2E = 50°$, Doppelbrechung und Dispersion schwach; die Auslöschungsrichtung bildet einen Winkel von 8° mit Kante (101):($\bar{1}01$); die Umwandlung ist reversibel. Wyrouboff hält das Salz demnach für trimorph; die bei gewöhnlicher Temperatur beständige Modification entspricht keinem der anderen Salze, die bei höherer Temperatur beobachteten correspondieren mit den beiden Modificationen des Salzes $(SO_4)_2CdK_2.2H_2O$ (s. S. 484). Die Umwandlung des Kaliummagnesiumchromates endlich beginnt bei 90° und schreitet allmählich fort, die Axenebene stellt sich senkrecht zur Kante (101):($\bar{1}01$), die Axen nähern sich einander und $2E$, bei gewöhnlicher Temperatur $= 149°$, ist bei 195° $= 37°$; die Stellung der Mittellinie verändert sich nicht, dagegen wird die Doppelbrechung sowohl als die Dispersion sehr schwach; die neue Modification entspricht keiner der bei den anderen Substanzen beobachteten.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß die von Wyrouboff unterschiedenen Modificationen der vorstehend besprochenen Salze, wenigstens zum Teile, nicht im Verhältnisse der Polymorphie, sondern in dem der Polysymmetrie zu einander stehen, und die weitere Untersuchung dieser Gruppe, namentlich in bezug auf die etwaigen Volumenänderungen bei den Umwandlungen, sowie in bezug auf die isomorphe Mischbarkeit der verschiedenen Salze und das thermische Verhalten der Mischkrystalle, dürfte zu Resultaten führen, welche für die Kenntnis der Isomorphie und der Beziehung zwischen Polysymmetrie und Polymorphie von großer Wichtigkeit wären. Vielleicht gehört dieser Gruppe auch noch an das **Ammoniummagnesiummolybdat-Dihydrat** $= (MoO_4)_2Mg(NH_4)_2.2H_2O$, von welchem bisher nur so unvollkommene Krystalle untersucht werden konnten, daß ihre Symmetrie noch zweifelhaft ist.

Der in Steinsalzlagerstätten vorkommende Löweït, **Natriummagnesiumsulfat-Hemipentahydrat** $= (SO_4)_2MgNa_2.2\frac{1}{2}H_2O$ krystallisiert nach seinen optischen und Cohäsions-Eigenschaften tetragonal, ist aber noch nicht in meßbaren Krystallen beobachtet worden.

Der bei allen bisher betrachteten Sulfaten beobachtete Unterschied der analog zusammengesetzten Verbindungen von Natrium und Kalium tritt auch bei den Doppelsalzen mit 4 Mol. $H_2O$ hervor. Eine vollkommen isomorphe Gruppe bilden die folgenden monoklin krystallisierenden Körper: **Natriummagnesiumsulfat-Tetrahydrat**, das Mineral Blödit (Astrakanit, Simonyit) $= (SO_4)_2MgNa_2.4H_2O$, **Natriummanganosulfat-Tetrahydrat** $= (SO_4)_2MnNa_2.4H_2O$, **Natriumferrosulfat-Tetrahydrat** $= (SO_4)_2FeNa_2.4H_2O$ und **Natriumzinksulfat-Tetrahydrat** $= (SO_4)_2ZnNa_2.4H_2O$. Dagegen krystallisiert das Mineral Leonit, **Kaliummagnesiumsulfat-Tetrahydrat** $= (SO_4)_2MgK_2.4H_2O$ zwar auch monoklin, aber mit anderer Ausbildung der Krystalle und mit Elementen, welche nicht auf diejenigen des Blödits zurückgeführt werden können; dem entsprechend

krystallisieren beide Salze neben einander, und wenn van 't Hoff und Barschall[11]) beobachtet haben, daß dabei das eine kleine Mengen des anderen enthält, so kann hier ebensowenig wie bei dem Glaserit (S. 321) von einer isomorphen Mischung die Rede sein; es ist daher auch nicht correct, den Leonit als »Kali-Blödit«, »Kali-Astrakanit« oder »Kali-Simonyit« zu bezeichnen. Unzweifelhaft mit ihm isomorph ist das **Kaliummangano-sulfat-Tetrahydrat** $= (SO_4)_2MnK_2 . 4H_2O$, während **Kaliumcadmiumsulfat-Tetrahydrat** $= (SO_4)_2CdK_2 . 4H_2O$ zwar sehr ähnliche Axenverhältnisse und fast die gleichen Formen, aber ein recht abweichendes $\beta$ besitzt; es wäre, um die Isomorphie dieses Salzes mit den beiden vorhergehenden festzustellen, die Untersuchung eines entsprechenden Salzes mit dazwischen liegendem Molekulargewichte und die Darstellung isomorpher Mischungen erforderlich.

Weit vollständiger bekannt, als alle bisher betrachteten Hydrate, ist nun die Reihe der Verbindungen derartiger Doppelsalze, besonders der schwefelsauren und selensauren, mit 6 Mol. $H_2O$, und diese bilden nicht nur die größte unter allen bekannten isomorphen Gruppen, sondern sind auch durch die umfassenden Arbeiten Tuttons ebenso genau untersucht, wie die Gruppe der einfachen Sulfate oder Selenate der Alkalien. Ihre monoklinen Krystallformen zeigen im allgemeinen eine sehr große Ähnlichkeit nicht nur in den Winkeln, sondern auch in der Ausbildung, so daß die Zugehörigkeit eines Doppelsalzes zu dieser Gruppe meist schon am Habitus der Combinationen erkannt werden kann. Wulff[12]) hat gezeigt, daß die gemeinsamen Formen dieser Salze auf pseudokubische Elemente bezogen werden können, bei deren Annahme die, wie es scheint, allen Gliedern der Reihe zukommende (bei einigen übrigens nach Wulff sehr unvollkommenen) Spaltbarkeit der Ebene {001} entsprechen würde; da jedoch weder eine Zwillingsbildung noch sonstige Erscheinungen auf eine pseudokubische Krystallstructur hinweisen und durch jene Annahme die Symbole der Formen keineswegs einfacher werden, so ist hier die traditionelle Aufstellung der Krystalle beibehalten worden. Von den schwefelsauren Salzen mit Magnesium sind genau untersucht: **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-** und **Ammoniummagnesiumsulfat-Hexahydrat** $= (SO_4)_2MgK_2 . 6H_2O$ bzw. $(SO_4)_2MgRb_2 . 6H_2O$, $(SO_4)_2MgCs_2 . 6H_2O$ und $(SO_4)_2Mg(NH_4)_2 . 6H_2O$, während vom **Thalliummagnesiumsulfat-Hexahydrat** $= (SO_4)_2MgTl_2 . 6H_2O$ nur eine ältere Messung ohne physikalische Bestimmungen vorliegt. Das Cäsium- und Ammoniumsalz benutzte Wulff[13]) zu einer Untersuchung über die optischen Eigenschaften ihrer Mischungen, welche zu dem Resultate führte, daß die Brechungsindices derselben sich proportional dem Verhältnisse der von beiden in der Mischung vorhandenen

11) Van 't Hoff u. Barschall, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1903, 359. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 668.

12) G. Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1901, **34**, 471.

13) G. Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **36**, 1 f.

Volumina ändern. Das zweiwertige Vanadium bildet nach Piccini[14]) Doppelsalze von der Zusammensetzung $(SO_4)_2VK_2.6H_2O$ und $(SO_4)_2V(NH_4)_2.6H_2O$, deren hellrotviolette Krystalle nach Bartalini denen der Magnesiumsalze sehr ähnlich sind (Messungen sind nicht angegeben). Von den schwefelsauren Salzen mit Mangan scheint das des Kaliums, $(SO_4)_2MnK_2.6H_2O$, nicht existenzfähig zu sein (vielleicht in isomorpher Mischung?), da bereits von 0° ab das Tetrahydrat sich bildet[15]); **Rubidium-** und **Cäsiummanganosulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2MnRb_2.6H_2O$ und $(SO_4)_2MnCs_2.6H_2O$ sind von Tutton untersucht, dagegen liegt von **Ammoniummanganosulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2Mn(NH_4)_2.6H_2O$ nur eine ältere Untersuchung vor. Ganz vollständig ist dagegen die Reihe der Eisenoxyduldoppelsalze: **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-, Ammonium-** und **Thalliumferrosulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2FeK_2.6H_2O$ beziehungsweise $(SO_4)_2FeRb_2.6H_2O$, $(SO_4)_2FeCs_2.6H_2O$, $(SO_4)_2Fe(NH_4)_2.6H_2O$ und $(SO_4)FeTl_2.6H_2O$; für das zuletzt genannte Salz wäre jedoch eine erneute Untersuchung erforderlich, da nur eine ältere Messung ohne optische Untersuchung vorhanden ist. Genau dasselbe gilt für die entsprechenden fünf Nickelsalze: **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-, Ammonium-** und **Thalliumnickelsulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2NiK_2.6H_2O$ bzw. $(SO_4)_2NiRb_2.6H_2O$, $(SO_4)_2NiCs_2.6H_2O$, $(SO_4)_2Ni(NH_4)_2.6H_2O$ und $(SO_4)_2NiTl_2.6H_2O$. Bei den Kobaltverbindungen liegen dagegen nur Untersuchungen der Krystalle der vier ersten Doppelsalze vor, nämlich von: **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-** und **Ammoniumkobaltosulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2CoK_2.6H_2O$ bzw. $(SO_4)_2CoRb_2.6H_2O$, $(SO_4)_2CoCs_2.6H_2O$ und $(SO_4)_2Co(NH_4)_2.6H_2O$[16]). Genau untersucht sind ferner: **Kalium-, Rubidium-** und **Cäsiumcuprisulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2CuK_2.6H_2O$ (dessen natürliches Vorkommen in Salzkrusten des Vesuvs als Cyanochroït bezeichnet wurde) bzw. $(SO_4)_2CuRb_2.6H_2O$ und $(SO_4)_2CuCs_2.6H_2O$, während vom **Ammoniumcuprisulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2Cu(NH_4)_2.6H_2O$ nur ältere Messungen ganz unvollkommener Krystalle und vom Thalliumsalze überhaupt keine vorliegen. Dagegen ist wieder vollständig untersucht die Reihe der Zinksalze, nämlich **Kalium- Rubidium-, Cäsium-, Ammonium-** und **Thalliumzinksulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2ZnK_2.6H_2O$ bzw. $(SO_4)_2ZnRb_2.6H_2O$, $(SO_4)ZnCs_2.6H_2O$, $(SO_4)_2Zn(NH_4)_2.6H_2O$ und $(SO_4)_2ZnTl_2.6H_2O$, wenn auch von der letzten Verbindung eine genauere Untersuchung erwünscht wäre. Was endlich die Cadmiumsalze betrifft, so wurde

14) Piccini, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1902, **32**, 60.

15) Auf dieses bezieht sich wahrscheinlich die Bestimmung der Orientierung der optischen Axen, welche Sénarmont (Ann. chim. phys. 1851, (3) **33**, 421; Poggendorffs Ann. d. Phys. **86**, 63) ausführte; da er keine Winkel der Krystalle angibt, ist eine sichere Entscheidung hierüber jedoch nicht möglich.

16) Vom Thalliumsalze $(SO_4)_2CoTl_2.6H_2O$ existieren keine Messungen, dasselbe krystallisiert aber sehr gut, wie ein mit anderen krystallisierten Präparaten käuflich erworbener Krystall der Sammlung in München beweist, welcher nach $r'\{20\bar{1}\}$ tafelig ist und außerdem die Formen: $q\{011\}$, $c\{001\}$, $p\{110\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$ zeigt (s. Fig. 726 im beschreibenden Teile dieses Abschnittes).

$(SO_4)_2CdK_2.6H_2O$ zwar von Mitscherlich als isomorph mit den übrigen angeführt, aber weder Tutton noch Wyrouboff konnten dasselbe erhalten (wahrscheinlich krystallisiert es nur unter 0°); genaue Bestimmungen existieren nur von **Rubidium-** und **Cäsiumcadmiumsulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2CdRb_2.6H_2O$ und $(SO_4)_2CdCs_2.6H_2O$, weniger genaue Messungen (ohne Bestimmungen physikalischer Constanten) von **Ammoniumcadmiumsulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2Cd(NH_4)_2.6H_2O$.

Über die entsprechenden chromsauren Salze liegen nur wenige Daten vor. Kaliummagnesiumchromat ist nur als Dihydrat (s. S. 483) bekannt; das leicht lösliche **Ammoniummagnesiumchromat-Hexahydrat** = $(CrO_4)_2Mg(NH_4)_2.6H_2O$, ist zwar in großen, wohlausgebildeten Krystallen zu erhalten, zersetzt sich aber allmählich an der Luft; es ist das einzige krystallographisch untersuchte Chromat der ganzen isomorphen Reihe. Die übrigen hierher gehörigen Salze sind nur z. T. dargestellt worden und sämtlich sehr unbeständige Verbindungen.

Die selensauren Salze der vorliegenden Gruppe sind in ähnlicher Weise, wie die schwefelsauren, von Tutton zum Gegenstande mustergültiger specieller Erforschung gemacht worden, nachdem schon früher Topsøe eine größere Reihe von Untersuchungen angestellt hatte, doch ist die krystallographische Kenntnis dieser Reihe z. Z. noch weniger vollständig; so ist z. B. nur ein einziges Thalliumsalz gemessen worden. **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-** und **Ammoniummagnesiumselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)_2MgK_2.6H_2O$ bzw. $(SeO_4)_2MgRb_2.6H_2O$, $(SeO_4)_2MgCs_2.6H_2O$ und $(SeO_4)_2Mg(NH_4)_2.6H_2O$ sind mit aller wünschenswerten Genauigkeit untersucht. Von den Manganverbindungen ist jedoch nur **Ammoniummanganoselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)_2Mn(NH_4)_2.6H_2O$ gemessen worden, von den Eisenoxydulsalzen **Kalium-** und **Ammoniumferroselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)FeK_2.6H_2O$ und $(SeO_4)_2Fe(NH_4)_2.6H_2O$, ebenso von den Nickel- und Kobaltsalzen **Kalium-** und **Ammoniumnickelselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)_2NiK_2.6H_2O$ und $(SeO_4)_2Ni(NH_4)_2.6H_2O$, **Kalium-** und **Ammoniumkobaltoselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)_2CoK_2.6H_2O$ und $(SeO_4)_2Co(NH_4)_2.6H_2O$, sowie die Kupfersalze: **Kalium-** und **Ammoniumcupriselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)_2CuK_2.6H_2O$ und $(SeO_2)Cu(NH_4)_2.6H_2O$. Vollständig ist dagegen die Reihe der Zinksalze, und zwar sind **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-** und **Ammoniumzinkselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)_2ZnK_2.6H_2O$ bzw. $(SeO_4)_2ZnRb_2.6H_2O$, $(SeO_4)_2ZnCs_2.6H_2O$ und $(SeO_4)_2Zn(NH_4)_2.6H_2O$ von Tutton eingehend untersucht, während von **Thalliumzinkselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)_2ZnTl_2.6H_2O$ nur eine ältere Messung ohne sonstige Bestimmungen vorliegt. Von den Cadmiumsalzen endlich ist nur ein einziges, **Ammoniumcadmiumselenat-Hexahydrat** = $(SeO_4)_2Cd(NH_4)_2.6H_2O$ gemessen worden.

Ein molybdänsaures Doppelsalz von der Zusammensetzung und Krystallform dieser Reihe ist bisher isoliert noch nicht dargestellt worden, wohl aber kennt man isomorphe Mischungen von **Ammoniummagnesiummolybdat-Hexahydrat** = $(MoO_4)_2Mg(NH_4)_2.6H_2O$ mit dem entsprechen-

den Sulfate in verschiedenen Verhältnissen, und wenn diese Mischkrystalle auch nicht genau meßbar sind, so ist ihre Isomorphie mit dem schwefelsauren Salze doch unzweifelhaft festgestellt worden.

Für die Äquivalentvolumina ($V$) und die topischen Parameter der von ihm untersuchten Salze der besprochenen isomorphen Gruppe gibt Tutton folgende Werte an:

| | $V$ | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ | $\beta$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *KMg*-Sulfat: | 196,58 | 6,0711 | 8,1899 | 4,0892 | 104° 48′ |
| *RbMg* » | 206,18 | 6,1803 | 8,3518 | 4,1550 | 105 59 |
| *CsMg* » | 218,96 | 6,2608 | 8,6012 | 4,2541 | 107 6 |
| *AmMg* » | 207,78 | 6,2320 | 8,4217 | 4,1418 | 107 6 |
| *RbMn* » | 213,66 | 6,2542 | 8,4723 | 4,1938 | 105 57 |
| *CsMn* » | 226,59 | 6,3441 | 8,7217 | 4,2850 | 107 7 |
| *KFe* » | 200,09 | 6,0739 | 8,2336 | 4,1332 | 104 32 |
| *RbFe* » | 209,22 | 6,1832 | 8,3817 | 4,1942 | 105 44 |
| *CsFe* » | 222,64 | 6,2806 | 8,6497 | 4,2842 | 106 52 |
| *KNi* » | 195,65 | 6,0342 | 8,1775 | 4,1051 | 105 0 |
| *RbNi* » | 204,92 | 6,1214 | 8,3284 | 4,1825 | 106 3 |
| *CsNi* » | 217,91 | 6,2289 | 8,5680 | 4,2703 | 107 2 |
| *KCo* » | 197,83 | 6,0625 | 8,1881 | 4,1243 | 104 55 |
| *RbCo* » | 207,28 | 6,1718 | 8,3505 | 4,1844 | 106 1 |
| *CsCo* » | 220,30 | 6,2595 | 8,6101 | 4,2775 | 107 8 |
| *KCu* » | 198,29 | 6,0893 | 8,1300 | 4,1366 | 104 28 |
| *RbCu* » | 207,55 | 6,2147 | 8,2974 | 4,1727 | 105 18 |
| *CsCu* » | 220,19 | 6,3481 | 8,5450 | 4,2263 | 106 10 |
| *KZn* » | 196,16 | 6,0462 | 8,1562 | 4,1141 | 104 48 |
| *RbZn* » | 205,58 | 6,1436 | 8,3326 | 4,1754 | 105 53 |
| *CsZn* » | 217,97 | 6,2415 | 8,5808 | 4,2561 | 107 1 |
| *AmZn* » | 206,38 | 6,1648 | 8,3670 | 4,1810 | 106 52 |
| *RbCd* » | 217,96 | 6,2828 | 8,5526 | 4,2174 | 105 53 |
| *CsCd* » | 229,24 | 6,3638 | 8,7668 | 4,3010 | 107 11 |
| *KMg*-Selenat | 208,63 | 6,2124 | 8,2998 | 4,1756 | 104 18 |
| *RbMg* » | 218,15 | 6,2885 | 8,4705 | 4,2445 | 105 14 |
| *CsMg* » | 231,20 | 6,3807 | 8,7239 | 4,3270 | 106 17 |
| *AmMg* » | 219,42 | 6,3299 | 8,5310 | 4,2365 | 106 27 |
| *KZn* » | 208,80 | 6,1812 | 8,2880 | 4,2045 | 104 12 |
| *RbZn* » | 218,35 | 6,2913 | 8,4662 | 4,2492 | 105 16 |
| *CsZn* » | 230,77 | 6,3710 | 8,7106 | 4,3300 | 106 11 |
| *AmZn* » | 217,73 | 6,2742 | 8,4684 | 4,2681 | 106 14 |

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, nehmen die Dimensionen der Raumeinheiten und die Winkel $\beta$ vom *K*- bis zum *Cs*-Salze regelmäßig mit dem Atomgewichte des Metalles zu, wie bei den einfachen Sulfaten (S. 323),

während die Werte für das Ammoniumsalz wieder nahe zu denen der Rubidiumverbindung zurückkehren; ein ähnliches Gesetz gilt nach Tutton auch für die Brechungsindices, während in bezug auf die specifischen Gewichte, auf die Orientierung der Hauptschwingungsrichtungen und auf specifische Refraction und Dispersion die Salze eine der Größe des Molekulargewichtes entsprechende Reihe bilden, deren erstes Glied also die Ammoniumverbindung ist. Die gegenseitige Ersetzung der zweiwertigen Metalle, welche allerdings ganz verschiedenen Reihen des periodischen Systems der Elemente angehören, läßt ein derartiges Gesetz nicht erkennen. Dagegen bewirkt die Vertretung des Schwefels durch Selen eine bei den verschiedenen Salzen ähnliche Zunahme aller Dimensionen der Raumeinheiten, verbunden mit einer Verkleinerung des Winkels $\beta$.

Bei der Analogie, welche das Uranyl mit den zweiwertigen Metallen darbietet, erscheint es möglich, daß auch Salze von der Zusammensetzung $(SO_4)_2(UO_2)K_2.6H_2O$ usw. die Krystallformen der vorstehenden isomorphen Gruppe zeigen würden, wenn sie existierten; man kennt jedoch bisher nur solche mit anderem Verhältnisse der beiden Componenten, nämlich **Kalium- und Ammoniumdiuranylchromat-Hexahydrat** $= (CrO_4)_2(UO_2)_2K_2.6H_2O$ und $(CrO_4)_3(UO_2)_2(NH_4)_2.6H_2O$, welche ebenfalls monoklin, aber mit ganz anderer Form, krystallisieren.

### Natriumcalciumsulfat (Glauberit) = $(SO_4)_2CaNa_2$.

Spec. Gew. 2,77—2,85 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,2209:1:1,0270$; $\beta = 112^\circ 10\frac{1}{2}'$ Laspeyres (nat. Kryst.).

Die gewöhnlichste Combination des Minerales ist: {001}, {111}, {110}, {100}, {31$\bar{1}$}, {11$\bar{1}$}. Künstlich sind noch keine meßbaren Krystalle erhalten worden.

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.

Doppelbrechung negativ; die 1. Mittellinie bildet in {010} mit der $c$-Axe $31^\circ 3'$ (*Li*), $30^\circ 46'$ (*Na*), $30^\circ 39'$ (*Tl*), $30^\circ 10'$ (blau) im stumpfen Winkel $\beta$; Axenebene bei niedriger Temperatur für alle Farben $\perp$ {010}, bei 18°—20° C. ist $2E = 14^\circ$ (*Li*), $11^\circ$ (*Na*), $8^\circ$ (*Tl*), $0^\circ$ (blau), bei 30° C.: $12^\circ$ (*Li*), $9\frac{1}{2}^\circ$ (*Na*), $5\frac{1}{2}^\circ$ (*Tl*), für Blau 7° in {010}, bei 50° C.: für Rot $7\frac{1}{2}^\circ$ $\perp$ {010}, für Gelb, Grün und Blau $4\frac{1}{4}^\circ$, $8\frac{3}{4}^\circ$ und 12° in {010}; die Einaxigkeit tritt ein für Blau bei 17,8° C., für *Tl* bei 35,7°, für *Na* bei 45,8° und für *Li* bei 58,2° (Laspeyres, nat. Kryst.).

### Kaliumdimagnesiumsulfat (Langbeinit) = $(SO_4)_3Mg_2K_2$.

Spec. Gew. 2,827—2,830 Luedecke (nat. Kryst.).

Tetraëdrisch pentagondodekaëdrisch.

Darstellung s. S. 481.

Die natürlichen Krystalle zeigen die Combination: {100}, {1$\bar{1}$1}, {111}, {1$\bar{1}$2}, {210} u. a. Pentagondodekaëder.

Brechungsindices nach Luedecke: $n = 1,5281$ *Li*, $1,5329$ *Na*, $1,5343$ *Tl*. Keine Drehung der Polarisationsebene.

### Kaliumstannosulfat-Stannochlorid = $4(SO_4)_2SnK_2 . SnCl_2$.

Hexagonal. $a:c = 1:0,7484$ Marignac[6]).

Dargestellt von Marignac (l. c. 52 bzw. 528). Combination eines hexagonalen Prismas $m\{10\bar{1}0\}$ mit der Bipyramide $o\{10\bar{1}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o' = (10\bar{1}1):(\bar{1}011) =$ | — | *81° 40′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 38° 10′ | 38 0 |

### Kaliumcalciumsulfat-Monohydrat = $(SO_4)_2CaK_2 . H_2O$
(nat. Syngenit, Kaluszit).

Spec. Gew. 2,60 Vrba (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3699:1:0,8738$; $\beta = 104°0'$ Zepharovich (nat. Kryst.).

Dieses Salz wurde zuerst als Nebenproduct der Weinsäurefabrikation von Phillips[17]) beobachtet; die von Miller[17]), später von Lang und Zepharovich[18]) gemessenen Krystalle waren Zwillinge nach $a\{100\}$ und tafelförmig nach demselben Pinakoide, mit den Randflächen $m\{110\}$, $r\{101\}$ und $c\{001\}$; die beiden letzten Formen erschienen infolge der Zwillingsbildung als rhombische Domen, daher Miller die Krystalle für rhombische hielt, denen auch die optischen Eigenschaften sehr nahe stehen.

Die natürlichen Krystalle sind Combinationen von $\{100\}$, stets vorherrschend, mit $\{110\}$, $\{310\}$, $\{210\}$, $\{010\}$, $\{101\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{001\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{22\bar{1}\}$ u. a. Formen. Lamellare Zwillingsbildung nach $\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Miller: | Lang: | Zepharovich: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | 73° 54½′ | 74° 4′ | 74° 20′ | 70° 9′ |
| $r:a = (101):(100) =$ | 47 48 | 46 28 | 46 43 | 47 42 |
| $c:a = (001):(100) =$ | 76 0 | 76 38 | — | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ und $m\{110\}$ vollkommen, nach $b\{010\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\perp\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 87° 14′, steht also nahe senkrecht zu $a\{100\}$ (Zepharovich); für $Na$: $\alpha = 1,5000$, $\beta = 1,5170$, $\gamma = 1,5183$, $2V = 26°44'$ Gaubert (nat. Kryst.). Der Axenwinkel ändert sich stark mit der Temperatur; nach Mügge (nat. Kryst.) ist $2E$:

| | | | |
|---|---|---|---|
| bei 15°—20°: | 41° 26′ für $Li$, | 44° 42′ für $Na$, | 48° 38′ für Blau, |
| » 100° ca: | 22 24 » $Li$, | 31 53 » $Na$, | 37 13 » Blau, |

für $Li$ tritt die Einaxigkeit ein bei 143°, für $Na$ bei 160°, für Blau bei 182°.

### Dihydrotetrakaliummanganosulfat-Dihydrat = $(SO_4)_4MnK_4H_2 . 2H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,3644:1:0,5161$ Scacchi[19]).

Von Scacchi erhalten aus wässeriger Lösung der beiden neutralen Sulfate mit starkem Zusatze freier Schwefelsäure. Combination: $b\{010\}$ vorherrschend, $e\{012\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$ und $f\{021\}$ mit gestreiften Flächen; bei sehr langsamer Krystallisation treten ziemlich groß ausgebildet hinzu $o\{111\}$ und $n\{130\}$,

17) Phillips (Mess. v. Miller), Chem. Soc. Qu. Journ. 1850, 3, 348.
18) V. v. Zepharovich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1873, 67 (I), 139.
19) A. Scacchi, Giorn. d. Giambattista Vico 1857, fasc. 6, Sep. 9.

selten $g\{023\}$, und die Flächen von $e$ und $f$ sind glatt, während $c$ zuweilen fehlt; $b\{010\}$ zeigt immer Vicinalflächen, welche, wie überhaupt die Flächenbeschaffenheit des Salzes, Scacchi später noch ausführlicher beschrieb[20]).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *33° 9′ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *67 6 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 103° 4′ | — |
| $m:b = (110):(010) =$ | 69 59 | — |
| $n:b = (130):(010) =$ | 42 27 | — |
| $e:b = (012):(010) =$ | 75 32 | — |
| $g:b = (032):(010) =$ | 52 15 | — |
| $f:b = (021):(010) =$ | 44 5 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

### Hexanatriumtetramanganosulfat-Oktohydrat = $(SO_4)_7Mn_4Na_6 . 8H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 116°1'$ $(a:c = 1:0{,}725)$ Scacchi[21]).

Das Doppelsalz bildet sich nach Scacchi aus einer warmen Lösung gleicher Mol. der beiden Sulfate, meist neben anderen Verbindungen der letzteren. Rhomboëder $r\{100\}$, an denen häufig untergeordnet $d\{110\}$ und $o\{11\bar{1}\}$ auftreten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | 67° 34′ | 67° 36′ |
| $d:d = (110):(101) =$ | — | *39 6 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | 83 56 | 83 54 |
| $d:o = (110):(11\bar{1}) =$ | 36 25 | 36 27 |

### Kaliummanganosulfat-Hemitrihydrat = $(SO_4)_2MnK_2 . 1\frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}9735:1:1{,}9580; \quad \beta = 104°0' \text{ Scacchi}^{19)}.$$

Dargestellt von Scacchi (l. c. 8) aus wässeriger Lösung über 55°. Prismen $m\{110\}$ mit den Endflächen $c\{001\}$, $q\{011\}$, $x\{11\bar{2}\}$, $y\{11\bar{3}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 86° 44′ | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | 79 52 | — |
| $q:q_{,} = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *55° 32′ |
| $r:\varrho = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *52 2 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 52 42 | — |
| $q:r = (011):(101) =$ | — | *73 36 |
| $x:x = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2}) =$ | 75 6 | — |
| $x':c = (\bar{1}12):(001) =$ | 60 56 | — |
| $y:y = (11\bar{3}):(1\bar{1}\bar{3}) =$ | 62 48 | — |
| $y':c = (\bar{1}13):(001) =$ | 48 20 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

20) A. Scacchi, Sulla Poliëdria d. facc. d. crist., 16 (Mem. d. R. Accad. Torino 1862, (2) 21).

21) A. Scacchi, Prodotti chim. crist. 10 (Mem. d. R. Accad. Napoli 1867, (2) 4). Im Original ist, offenbar durch Druckfehler, angegeben $Mn_6Na_4$.

**Kaliumcadmiumsulfat-Hemitrihydrat = $(SO_4)_2CdK_2 . 1\frac{1}{2}H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9873:1:2{,}0246$; $\beta = 104^\circ 42'$ Krenner[22]).

Das von Hauer[23]) bei gewöhnlicher Temperatur erhaltene Doppelsalz bildet nach Krenner die Combination von $m\{110\}$ mit $q\{011\}$, untergeordnet: $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $x\{11\bar{2}\}$, $y\{11\bar{3}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *87° 21′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | 79° 26′ | 79 28 |
| $q:q_, = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *53 54 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *45 39 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 57 50 | 57 39 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 52 34 | 52 30 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 76 31 | 76 27 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 50 50 | 50 29 |
| $q:r = (011):(101) =$ | 74 1 | 73 52 |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | 83 31 | 83 26 |
| $x:x = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2}) =$ | 76 44 | 76 56 |
| $x':c = (\bar{1}12):(001) =$ | 62 6 | 62 15 |
| $x':q = (\bar{1}12):(011) =$ | 39 42 | 39 40 |
| $y':c = (\bar{1}13):(001) =$ | 48 25 | 48 23 |

Spaltbarkeit nach $c\{010\}$.

**Monokaliummanganosulfat-Dihydrat = $(SO_4)_2MnKH . 2H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1{,}9230:1:0{,}8295$ Scacchi[19]).

$\alpha = 83^\circ 40'$, $\beta = 128^\circ 22'$, $\gamma = 113^\circ 30'$.

Das Salz bildet sich nach Scacchi (l. c. 13) aus Lösungen mit einem großen Überschusse von Schwefelsäure in Krystallen von sehr wechselndem Habitus mit den Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$ (diese drei gewöhnlich vorherrschend), $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $\xi\{3\bar{1}\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{30\bar{1}\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $m\{110\}$, $\omega\{\bar{1}11\}$, $\eta\{2\bar{1}\bar{1}\}$; die letzten Krystallisationen aus den Mutterlaugen dieses und des S. 492 beschriebenen sauren Salzes liefern zuweilen Krystalle von der einfachen, einem spitzen Rhomboëder ähnlichen Combination: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$ mit schmalen Flächen von $c\{001\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *50° 44′ |
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *64 55 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *78 59 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 27° 12′ | — |
| $\sigma':c = (\bar{3}01):(001) =$ | 84 15 | — |
| $\varkappa:c = (0\bar{1}1):(001) =$ | 38 50 | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | 75 26 | — |
| $m:a = (110):(100) =$ | 39 54 | — |
| $\xi':c = (\bar{3}11):(001) =$ | 76 28 | — |
| $\xi:a = (3\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | — | *63 43 |
| $\xi:b = (3\bar{1}\bar{1}):(010) =$ | — | *73 15 |

22) Krenner, Abhandl. d. k. ung. Akad. Budapest 1867 (ungar.).

23) C. v. Hauer (Mess. v. Krenner), Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, **133**, 178.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\eta : a = (2\bar{1}\bar{1}) : (100)$ | = 90° 6′ | — |
| $\eta' : c = (\bar{2}11) : (001)$ | = 55 6 | — |
| $\eta' : b = (\bar{2}11) : (010)$ | = 58 0 | — |
| $\omega : c = (\bar{1}11) : (001)$ | = 37 28 | — |
| $\omega : a = (\bar{1}11) : (100)$ | = 63 52 | — |
| $\omega : b = (\bar{1}11) : (010)$ | = 48 27 | — |
| $\varkappa : b = (30\bar{1}) : (010)$ | = 68 16 | — |
| $\varkappa : a = (0\bar{1}1) : (100)$ | = 72 35 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

### Natriummanganosulfat-Dihydrat = $(SO_4)_2MnNa_2 . 2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 0{,}4480 : 1 : 0{,}4319; \quad \beta = 106^\circ 38' \text{ Scacchi}^{21}).$$

Das Salz wurde zuerst dargestellt von Marignac[24]); die aus Lösungen über 40° entstandenen Krystalle zeigten sehr große Schwankungen der Winkel und waren meist complicierte Durchkreuzungszwillinge, so daß die Symmetrie nicht sicher bestimmt werden konnte. Scacchi (l. c. 19) beobachtete an Krystallen, welche sich z. T. neben dem S. 493 beschriebenen Doppelsalze von complicierterer Formel gebildet hatten, die Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $\xi\{12\bar{1}\}$, während an den ähnlich ausgebildeten Krystallen von Marignac noch $n\{120\}$ auftrat. Die Krystalle sind nach der $c$-Axe prismatisch, selten einfach, meist Zwillinge nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Scacchi: | Beobachtet: Marignac: |
|---|---|---|---|
| $m : b = (110) : (010)$ | = — | *66°46′ | 65°—69° |
| $q : b = (011) : (010)$ | = — | *67 31 | 66 —68 |
| $q : m = (011) : (110)$ | = — | *66 48 | 64 —67 |
| $q : m' = (011) : (\bar{1}10)$ | = 84°42′ | — | 83 —86 |
| $\xi : b = (12\bar{1}) : (010)$ | = 54 48 | — | 54 —57 |
| $\xi : m = (12\bar{1}) : (110)$ | = 48 38 | — | 64 —48 |
| $n : b = (120) : (010)$ | = 49 21 | — | $49\frac{1}{2}$—$50\frac{1}{2}$ |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ (Scacchi).

### Natriumcuprisulfat-Dihydrat (Kröhnkit) = $(SO_4)_2CuNa_2 . 2H_2O$.

Spec. Gew. 1,98 Darapsky (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 0{,}4463 : 1 : 0{,}4353; \quad \beta = 107^\circ 19'.$$

Das Mineral zeigt prismatische Combinationen von $m\{110\}$ und $q\{011\}$, selten noch $b\{010\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$. Aus den von Darapsky gemessenen Werten: $m : m = (110) : (1\bar{1}0) = 46^\circ 9'$, $q : q = (011) : (0\bar{1}1) = 45^\circ 8'$ und $q : m = (011) : (110) = 66^\circ 13'$ folgen die obigen Elemente (die von ihm angegebenen sind vollständig falsch).

Spaltbarkeit nach $q\{011\}$ und $m\{110\}$.

24) Ch. de Marignac, Annales des mines 1856, (5) 9, 22. Oeuvres 1, 451.

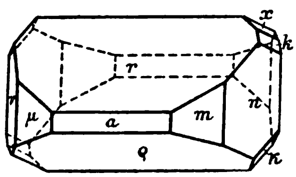
## Kaliummanganosulfat-Dihydrat = $(SO_4)_2MnK_2 \cdot 2H_2O$.

Spec. Gew. 2,632 Wyrouboff[10]).
Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}7161 : 1 : 0{,}4482^{25)}.$$
$$\alpha = 85^\circ 36', \quad \beta = 101^\circ 29', \quad \gamma = 87^\circ 50'.$$

Das Salz wurde zuerst untersucht von Marignac[24]) (l. c. 17 bzw. 146), welcher bei 40°—50° aus wässeriger Lösung kleine, blaß rosenrote Krystalle mit folgenden Formen erhielt (Fig. 708): $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ vorherrschend, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$ (schmal und nicht immer vorhanden), zuweilen noch untergeordnet $\varkappa\{0\bar{3}1\}$, $k\{031\}$, $x\{\bar{1}32\}$. Scacchi[19]) beobachtete ebenfalls nach der Axe $b$ verlängerte Krystalle mit den Formen: $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $a\{100\}$, $x\{\bar{1}32\}$; ihre Vicinalformen beschrieb er später[20]) noch ausführlicher (l. c. 43).

Fig. 708.



Wyrouboff[10]) (l. c. 244) erhielt, wie Scacchi, aus Lösungen, deren Temperatur zwischen 45° und 52° war, leicht ziemlich große Krystalle der Combination: $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, zuweilen mit $x\{1\bar{3}\bar{2}\}$ und einigen untergeordneten anderen Flächen. Die Krystalle sind fast immer Zwillinge, und zwar beobachtete Wyrouboff drei Gesetze: 1) nach $r\{101\}$, 2) nach $\varrho\{10\bar{1}\}$, 3) nach $b\{010\}$, welche häufig gleichzeitig auftreten und dadurch sehr complicierte Verwachsungen hervorbringen. Charakteristisch für das Salz ist ferner das regelmäßige Auftreten von Vicinalflächen an Stelle von $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, daher sichere Messungen dieser Formen nur an Spaltungsflächen möglich sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Scacchi: | Marignac: |
|---|---|---|---|---|
| $c : a = (001) : (100)$ | = 78° 18′ | 78° 20′ | — | — |
| $\mu : m = (1\bar{1}0) : (110)$ | = — | *70 13 | — | — |
| $m : a = (110) : (100)$ | = 36 7 | — | 36° 7′ | 36° 0′ |
| $\mu : a = (1\bar{1}0) : (100)$ | = — | *34 6 | 34 6 | 34 28 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110)$ | = — | *68 49 | 68 49 | 69 0 |
| $\varrho : \mu = (10\bar{1}) : (1\bar{1}0)$ | = — | *73 16 | 73 16 | 73 35 |
| $r : m = (101) : (110)$ | = 61 34 | — | — | 60 30 |
| $r : \mu = (101) : (1\bar{1}0)$ | = 55 15 | — | — | 55 29 |
| $\nu : \mu = (1\bar{3}0) : (1\bar{1}0)$ | = 28 3 | 28 9 | — | 27 6 |
| $n : m = (130) : (110)$ | = 31 4 | 31 1 | — | 32 57 |
| $r : a = (101) : (100)$ | = 49 49 | 49 54 | — | 49 24 |
| $r : c = (101) : (001)$ | = 28 29 | — | — | — |
| $r : \varrho' = (101) : (\bar{1}01)$ | = — | *63 29 | 63 29 | 63 40 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100)$ | = 66 42 | — | — | 66 50 |
| $x : \varrho = (1\bar{3}\bar{2}) : (10\bar{1})$ | = 37 36 | 37 26 | — | 37 39 |
| $x' : c = (\bar{1}32) : (001)$ | = 39 55 | — | — | — |
| $\varrho : n = (10\bar{1}) : (130)$ | = 77 13 | — | — | 77 36 |
| $\varrho : \nu = (10\bar{1}) : (1\bar{3}0)$ | = 83 3 | — | — | 83 5 |
| $\varkappa : \varrho' = (0\bar{3}1) : (\bar{1}01)$ | = 59 50 | — | — | 59 20 |
| $\varkappa : a = (0\bar{3}1) : (100)$ | = 81 2 | — | — | 79 0 ca. |

25) Die angegebenen Elemente sind von Wyrouboff aus den Daten Scacchis berechnet.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Scacchi: | Marignac: |
|---|---|---|---|---|
| $k:\varrho' = (031):(\bar{1}01)$ | $= 61^\circ 10'$ | — | — | $61^\circ 50'$ |
| $k:a = (031):(100)$ | $= 85\ 18$ | — | — | — |
| $r:n = (101):(130)$ | $= 78\ 46$ | — | — | 79 30 |
| $r:\nu = (101):(1\bar{3}0)$ | $= 69\ 17$ | — | — | 68 0 ca. |
| $k:r = (031):(101)$ | $= 61\ 32$ | — | — | 62 35 |
| $x:r = (0\bar{3}1):(101)$ | $= 54\ 45$ | — | — | 53 30 |
| $x':r = (\bar{1}32):(101)$ | $= 57\ 30$ | — | — | 57 30 |
| $k:x = (031):(0\bar{3}1)$ | $= 74\ 2$ | — | — | 71 0 ca. |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen. Nach Mügge[26]) entstehen sehr leicht Zwillingslamellen nach der Gleitfläche $b\{010\}$, ebenso durch Gleiten nach [010] Zwillingsbildung, auf welche vielleicht die beiden anderen Zwillingsgesetze Wyrouboffs (s. S. 496) zurückzuführen sind.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene parallel der Kante $r:\varrho = [101, \bar{1}01]$ und 30° geneigt zu der Normale auf $\varrho\{10\bar{1}\}$; durch letztere Fläche beide Axenbilder sichtbar, 1. Mittellinie senkrecht zur $b$-Axe; $2E = 86^\circ$, Dispersion sehr schwach, $\varrho < v$.

## Rubidiummanganosulfat-Dihydrat = $(SO_4)_2MnRb_2 . 2H_2O$.

Spec. Gew. 2,980 Wyrouboff[10]).

$$a:b:c = 0,8250:1:0,4412 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 90^\circ 28', \quad \beta = 108^\circ 46', \quad \gamma = 89^\circ 26'.$$

Nach Wyrouboff (l. c. 242) bildet sich beim Verdampfen einer Lösung bei 60°—70° zuerst ein wasserfreies Salz, dann manchmal ziemlich große Krystalle der vorliegenden Verbindung mit den Formen: $\varrho\{10\bar{1}\}$ vorherrschend, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$ und $y\{4\bar{3}\bar{1}\}$; dieselben zeigen die gleichen Zwillingsbildungen, wie die des vorigen Salzes, besonders nach $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:a = (001):(100)$ | $= 71^\circ 14'$ | $71^\circ 17'$ |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | *75 59 |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100)$ | = — | *37 46 |
| $m:c = (110):(001)$ | = 75 0 | — |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001)$ | = 75 33 | — |
| $\mu:\varrho = (1\bar{1}0):(10\bar{1})$ | = — | *79 44 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1})$ | = 80 24 | — |
| $m:r = (110):(101)$ | = 57 56 | 58 0 |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101)$ | = 58 15 | — |
| $\nu:\mu = (1\bar{3}0):(1\bar{1}0)$ | = 28 45 | 28 55 |
| $n:m = (130):(110)$ | = 29 3 | 29 10 |
| $r:a = (101):(100)$ | = — | *47 52 |
| $r:c = (101):(001)$ | = 23 22 | 23 25 |
| $r:\varrho = (101):(\bar{1}01)$ | = 54 48 | — |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100)$ | = — | *77 20 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ | = 41 26 | — |
| $y:a = (4\bar{3}\bar{1}):(100)$ | = 40 26 | — |
| $y:r = (4\bar{3}\bar{1}):(101)$ | = 56 27 | 56 30 |

26) Mügge, N. Jahrb. f. Min. usw. 1894, 1, 107. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 27, 513.

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen.
Doppelbrechung negativ; die Axenebene bildet 8° mit der Kante $ra = [101, 100]$, und 19° mit der Normalen zu $\varrho\{10\bar{1}\}$; durch letztere Fläche beide Axenbilder sichtbar, 1. Mittellinie senkrecht zur $b$-Axe, $2H = 102°$, Dispersion sehr schwach, $\varrho > v$.

### Kaliumferrosulfat-Dihydrat = $(SO_4)_2FeK_2.2H_2O$.

Spec. Gew. 2,683 Wyrouboff[10]).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,7113:1:0,4501$ Wyrouboff[10]).
$\alpha = 85°16'$, $\beta = 102°18'$, $\gamma = 86°48'$.

Das Salz wurde zuerst von Marignac[24]) (l. c. 20 bzw. 449) durch rasches Verdampfen der Lösung bei 50—60° dargestellt; indessen waren die erhaltenen Krystalle so unvollkommen, daß nur durch einige approximative Messungen die Isomorphie mit dem Mangansalze festgestellt werden konnte. Wyrouboff (l. c. 246) erzielte bei 60° wohlausgebildete grünliche Krystalle, welche jedoch an der Luft durch Wasseranziehung bald matt werden; dieselben zeigen die gleichen Formen und Zwillinge, wie die der Manganverbindung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100)$ = | 36°38' | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100)$ = | 33 46 | — |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110)$ = | — | *69° 0' |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0)$ = | 73 52 | 73 45 |
| $\nu:\mu = (1\bar{3}0):(1\bar{1}0)$ = | 27 14 | — |
| $n:m = (130):(110)$ = | 31 37 | — |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101)$ = | 54 18 | 54 20 |
| $m:r = (110):(101)$ = | — | *60 30 |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01)$ = | — | *64 0 |
| $r:a = (101):(100)$ = | 48 56 | — |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100)$ = | 67 4 | — |

An Zwillingen nach (010):

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:\underline{r} = (101):(\underline{101})$ = | — | *12 50 |
| $\varrho:\underline{\varrho} = (10\bar{1}):(\underline{10\bar{1}})$ = | — | *5 14 |
| $a:\underline{a} = (100):(\underline{100})$ = | 8 36 | — |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen.
Doppelbrechung negativ; Axenebene parallel der Kante $r\varrho = [101, \bar{1}01]$ und 42° zur Normalen auf $r\{101\}$ geneigt; durch letztere Fläche beide Axenbilder sichtbar, 1. Mittellinie senkrecht zur $b$-Axe, $2E = 96°$, Dispersion schwach, $\varrho < v$.

### Kaliumcadmiumsulfat-Dihydrat = $(SO_4)_2CdK_2.2H_2O$.

Spec. Gew. 2,922 Wyrouboff[10]).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,7967:1:0,4242$ Wyrouboff[10]).
$\alpha = 89°25'$, $\beta = 109°22'$, $\gamma = 88°26'$.

Die von Hauer[23]) aus heißer Lösung beim Erkalten erhaltenen Krystalle waren kleine Tafeln nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ und zeigten außerdem die Formen: $\nu\{1\bar{3}0\}$, $m\{110\}$, $n\{130\}$, $r\{101\}$ und $a\{100\}$; Krenner[22]), welcher dieselben untersuchte, gab ihnen eine andere Aufstellung (außerdem sind seine Angaben z. T.

durch Druckfehler entstellt). Wyrouboff (l. c. 235) erhielt das Salz beim Verdunsten der Lösung zwischen 16° und 40°, und zwar von 25° ab zusammen mit dem Hemitrihydrate (s. S. 494), welches auch aus den Krystallen des Dihydrates durch freiwillige Umwandlung an der Luft entsteht; er beobachtete die Formen: $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$ (nicht immer vorhanden), und $c\{001\}$ (selten und schmal); der gewöhnliche Habitus ist tafelförmig nach $\varrho\{10\bar{1}\}$, doch kommt auch Verlängerung nach der $c$-Axe vor. Nach Wyrouboff sind die Krystalle stets Zwillinge und zwar entweder nach $b\{010\}$ oder nach einer nur als Spaltungsebene beobachteten Fläche $\{601\}$ mit $b$ als Zwillingsaxe. Bei dem zweiten dieser Gesetze, welches stets vorhanden und gewöhnlich in lamellarer Wiederholung auftritt, ist nach Mügge[26]) (l. c. 106) die von Wyrouboff als Zwillingsebene betrachtete Ebene nur Zusammensetzungsfläche (wie bei dem ähnlichen Zwillingsgesetze der Plagioklase) und als zweite Kreisschnittebene der Deformation (s. unten) irrational.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Krenner: |
|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *37°36′ | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | 36°11′ | — | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | 74 36 | — | — |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 74 7 | — | — |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 80 10 | 80 0 | 79°54′ |
| $\mu:\varrho = (1\bar{1}0):(10\bar{1}) =$ | 80 40 | 80 40 | — |
| $m:r = (110):(101) =$ | 58 30 | — | 57 6 |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101) =$ | 56 40 | 56 30 | — |
| $\nu:\mu = (1\bar{3}0):(1\bar{1}0) =$ | 28 17 | 28 4 | — |
| $n:m = (130):(110) =$ | 30 5 | 30 0 | 31 6 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *47 30 | — |
| $r:c = (101):(001) =$ | 23 7 | 23 0 | — |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *54 30 | 54 27 |
| $\varrho':a = (10\bar{1}):(100) =$ | 78 0 | — | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 31 23 | 31 30 | — |
| An Zwillingen des 1. Gesetzes: | | | Mügge: |
| $r:\underline{\varrho} = (101):(\underline{\bar{1}01}) =$ | — | *0 20 | 0°21′ |
| $r:\underline{r} = (101):(\underline{101}) =$ | — | *3 26 | 2 37½ |
| $c:\underline{c} = (001):(\underline{001}) =$ | 2 22 | — | — |
| $a:\underline{a} = (100):(\underline{100}) =$ | 3 48 | — | — |
| An Zwillingen des 2. Gesetzes: | | | |
| $m:\underline{\mu} = (110):(\underline{1\bar{1}0}) =$ | 1 34 | 1 38 | 1 40 |
| $n:\underline{\nu} = (130):(\underline{1\bar{3}0}) =$ | 3 22 | 3 20 | — |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen. Die außerdem von Wyrouboff noch angegebenen Spaltbarkeiten nach $\{601\}$ und $\{501\}$ sind, wie Mügge nachgewiesen hat, Absonderungen nach der irrationalen Gleitfläche, welche bei der Zwillingsbildung nach der Gleitfläche $b\{010\}$ (1. Gesetz) zweite Kreisschnittebene der Deformation ist und deren Indices annähernd 5,04, 0, 1 sind; bei der ebenso leicht durch Schiebung zu erzeugenden Zwillingsbildung nach der $b$-Axe [010] ist dieselbe erste Kreisschnittebene der Deformation.

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene nahe normal zur Kante $\varrho m[10\bar{1}, 110]$ und 10° zur Normalen auf $\varrho\{10\bar{1}\}$ geneigt; 1. Mittellinie bildet mit dieser Normalen 24°; $2E = 122°50'$, Dispersion schwach, $\varrho > v$.

### Ammoniumuranylsulfat-Dihydrat = $(SO_4)_2UO_2(NH_4)_2 \cdot 2H_2O$.

Monoklin prismatisch (?).

$$a:b:c = 1{,}428:1:1{,}226; \quad \beta = 102^\circ 0'.$$

De la Provostaye[27]) beschrieb die Krystalle als dicktafelige Combinationen von $a\{100\}$, $n\{120\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *54° 25′ |
| $n:a = (120):(100) =$ | 70° 42′ | 70 20 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *42 30 |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *35 30 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 58 22 | 62 0 |

### Kaliummagnesiumchromat-Dihydrat = $(SO_4)_2MgK_2 \cdot 2H_2O$.

Spec. Gew. 2,602 Wyrouboff[10]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6551:1:0{,}4326 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 84^\circ 35', \qquad \beta = 102^\circ 44', \qquad \gamma = 86^\circ 38'.$$

Dieses Hydrat bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 253) über 18° in dünnen Tafeln mit den Formen: $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{120\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$. Zwillingsbildung wie bei den isomorphen Sulfaten (S. 496).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | 34° 2′ | 34° 15′ |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *31 20 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 67 26 | 67 27 |
| $\mu:\varrho = (1\bar{1}0):(10\bar{1}) =$ | 72 21 | — |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101) =$ | 52 20 | 52 26 |
| $\nu:\mu = (1\bar{3}0):(1\bar{1}0) =$ | 27 34 | 27 30 |
| $n:m = (130):(110) =$ | 32 16 | 32 25 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *47 30 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 29 16 | 29 32 |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *66 12 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 66 18 | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 37 2 | — |

An Zwillingen nach $\{010\}$:

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:\underline{r} = (101):(\underline{101}) =$ | — | *14 20 |
| $\varrho':\underline{\varrho}' = (\bar{1}01):(\underline{\bar{1}01}) =$ | — | *6 4 |
| $a:\underline{a} = (100):(\underline{100}) =$ | 9 24 | 9 5 |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $r\{101\}$.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene nahe senkrecht zu $r\{101\}$ und 13° zu einer auf $\varrho\{10\bar{1}\}$ normalen Ebene geneigt; ihre Trace auf $r\{101\}$ bildet 92°, auf $\varrho\{10\bar{1}\}$ 75° mit [010]; Spaltungsplatten nach beiden Flächen zeigen infolge starker Dispersion der Schwingungsrichtungen keine Dunkelstellung; 1. Mittellinie nahe senkrecht zu $c\{001\}$, so daß durch $r\{101\}$ und $\varrho'\{\bar{1}01\}$ je ein Axenbild sichtbar ist, 20° bzw. 11° zur Normale der Fläche geneigt; $2E = 149^\circ$, Dispersion sehr stark, $\varrho < v$.

27) Hervé de la Provostaye, Ann. chim. phys. 1842, (3) 5, 51.

## Kaliumcalciumchromat-Dihydrat = $(CrO_4)_2CaK_2.2H_2O$.

### α-Modification.

Spec. Gew. 2,411 Wyrouboff[10]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6591:1:0{,}4383 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 78^\circ 16', \quad \beta = 101^\circ 3', \quad \gamma = 83^\circ 8'.$$

Das Salz scheidet sich nach Wyrouboff (l. c. 255) beim Verdunsten der Lösung über Schwefelsäure zuerst und vorwiegend aus; es bildet dünne gelbe Nadeln $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$ mit den Endflächen $\lambda\{1\bar{2}0\}$, $l\{120\}$ und $b\{010\}$, stets Zwillinge nach $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\mu : m = (1\bar{1}0):(110) =$ | 66° 1′ | — |
| $\lambda : a = (1\bar{2}0):(100) =$ | 46 57 | — |
| $l : a = (120):(100) =$ | — | *59° 4′ |
| $r : \varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *66 0 |
| $r : a = (101):(100) =$ | — | *48 0 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}):(100) =$ | 66 0 | — |
| $l : \varrho = (120):(10\bar{1}) =$ | — | *68 23 |
| $\lambda : \varrho = (1\bar{2}0):(10\bar{1}) =$ | 81 48 | 82 0 |
| $l : r = (120):(101) =$ | 77 40 | — |
| $\lambda : r = (1\bar{2}0):(101) =$ | 55 26 | — |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen. Doppelbrechung negativ, stark; die Axenebene, $\perp \varrho\{10\bar{1}\}$, bildet 19° mit der $b$-Axe; die 1. Mittellinie ist zu letzterer senkrecht, $2H = 123°$ rot, Dispersion sehr stark, $\varrho < v$, mit deutlicher gekreuzter Dispersion der Axenebenen.

### β-Modification.

Spec. Gew. 2,596 Wyrouboff[10]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7616:1:0{,}8807 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 86^\circ 0', \quad \beta = 94^\circ 41', \quad \gamma = 81^\circ 37'.$$

Rammelsberg[28]) erhielt dieses Salz in rhomboidischen Prismen $b\{010\}$, $a\{100\}$ mit schmalen $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$, an den Enden die Formen: $q\{011\}$, $k\{0\bar{1}1\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $c\{001\}$ in wechselnder Größe, endlich $\tau\{0\bar{5}2\}$ stets untergeordnet. Nach Wyrouboff (l. c. 255) entstehen die großen, bräunlichgelben Krystalle bei gewöhnlicher Temperatur neben denen der α-Modification, aber in geringerer Menge, und zeigen außer den angeführten Formen fast immer noch $o\{111\}$ und häufig $\zeta\{4\bar{3}0\}$. Den folgenden berechneten Winkeln Wyrouboffs liegen die Werte der Fundamentalwinkel Rammelsbergs zugrunde, welche mit den von ihm gemessenen, aber nicht mitgeteilten übereinstimmen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Beobachtet: Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $a : b = (100):(010) =$ | — | *98° 46′ | — |
| $b : c = (010):(001) =$ | — | *94 45 | — |
| $a : c = (100):(001) =$ | — | *84 40 | — |
| $\mu : b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *47 4 | — |
| $\zeta' : a = (4\bar{3}0):(100) =$ | 28° 3′ | — | 28° 0′ ca. |

28) Rammelsberg, Handb. d. krystall. Chemie, Berlin 1855, 268.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | 40° 24′ | — | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 42 51 | 42° 25′ | — |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 38 20 | — | — |
| $q:k = (011):(0\bar{1}1) =$ | 83 38 | 83 42 | — |
| $k:c = (0\bar{1}1):(001) =$ | — | *39 42 | — |
| $\tau:k = (0\bar{5}2):(0\bar{1}\bar{1}) =$ | 23 15 | 22 54 | — |
| $o:r = (111):(101) =$ | 48 43 | — | 48° 47′ |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen.

## Kaliummanganoselenat-Dihydrat = $(SeO_4)_2MnK_2.2H_2O$.

Spec. Gew. 3,070 Topsøe[29]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6911:1:0{,}4430 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 84^\circ 34', \qquad \beta = 101^\circ 58', \qquad \gamma = 86^\circ 30'.$$

Dieses, wie es scheint, einzige Hydrat des Doppelsalzes bildet sich bei allen Temperaturen zwischen 4° und 70°. Topsøe[29]) untersuchte Krystalle von der Form der Fig. 708 (S. 496): $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $k\{031\}$, $\xi\{132\}$, $y\{2\bar{3}\bar{1}\}$. Sehr gut meßbare Krystalle erhielt Wyrouboff (l. c. 249) bei 40°; dieselben zeigten $\varrho\{10\bar{1}\}$ vorherrschend und statt $k$ und $\xi$, ebenfalls untergeordnet, $c\{001\}$, ferner Zwillingsbildung nach $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, selten auch nach $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Topsøe: |
|---|---|---|---|
| $c:a = (001):(100) =$ | 77° 37′ | 77° 34′ | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *32 40 | 32° 28′ |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *35 40 | (35 52 ber.) |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *68 0 | 68 23 |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 73 12 | — | 73 4 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 60 26 | 60 40 | 60 37 |
| $r:\mu = (101):(1\bar{1}0) =$ | 53 59 | — | 53 52 |
| $n:m = (130):(110) =$ | 32 3 | — | — |
| $\nu:\mu = (1\bar{3}0):(1\bar{1}0) =$ | 27 24 | 27 10 | 28 0 ca. |
| $\nu:\varrho = (1\bar{3}0):(10\bar{1}) =$ | 82 54 | 82 56 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 48 50 | — | (49 8 ber.) |
| $r:c = (101):(001) =$ | 28 47 | 28 36 | — |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *64 40 | 64 17 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *66 30 | 66 35 |
| $y:\varrho = (2\bar{3}\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 49 53 | 50 0 | — |
| $y:\mu = (2\bar{3}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 32 33 | 32 40 | — |
| $k:r = (031):(101) =$ | (52 35 T.) | — | 52 24 |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene parallel der $b$-Axe, 42° geneigt zur Normalen auf $r\{101\}$; durch letztere Fläche beide Axenbilder sichtbar, 1. Mittellinie senkrecht zur $b$-Axe, $2E = 61^\circ$, Dispersion schwach, $\varrho < v$.

29) Topsøe, Kryst.-kem. Unders. o. d. selens. Salte. Dissert. Kopenhagen 1870, 35.

### Kaliumzinkselenat-Dihydrat = $(SeO_4)_2ZnK_2 . 2H_2O$.

Spec. Gew. 3,210 Topsøe[29]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7060 : 1 : 0{,}4335 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 83^\circ 52', \quad \beta = 99^\circ 41', \quad \gamma = 84^\circ 46'.$$

Das Salz wurde von Topsøe (l. c. 37) aus einer Lösung bei 70° krystallisiert; beobachtete Formen: $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $a\{100\}$, ziemlich häufig auch $k\{031\}$, $\psi\{23\bar{1}\}$. Dieselbe Combination beobachtete auch Wyrouboff (l. c. 248); fast immer Zwillinge nach $r\{101\}$ oder $\varrho\{10\bar{1}\}$. Die berechneten Werte und die obigen Elemente wurden von Wyrouboff aus den Fundamentalwinkeln Topsøes hergeleitet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:a = (001):(100)$ | = 79° 39′ | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100)$ | = — | *32° 49′ |
| $m:a = (110):(100)$ | = — | *37 6 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110)$ | = 67 35 | 67 43 |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | = — | 73 20 |
| $r:\nu = (101):(1\bar{3}0)$ | = — | *67 1 |
| $\varrho:\nu = (10\bar{1}):(1\bar{3}0)$ | = — | *83 0 |
| $r:m = (101):(110)$ | = 63 12 | 62 12 ca. |
| $r:\mu = (101):(1\bar{1}0)$ | = 55 8 | 54 57 |
| $n:\nu' = (130):(\bar{1}30)$ | = 50 48 | 50 49 |
| $r:a = (101):(100)$ | = 51 11 | 51 39 ca. |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01)$ | = 62 39 | 62 37 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100)$ | = 66 10 | 66 13 |
| $r:k = (101):(031)$ | = 63 37 | 64 53 |
| $\psi:\varrho = (23\bar{1}):(10\bar{1})$ | = 43 38 | 44 45 ca. |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $c\{101\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ, sehr stark; die Axenebene, senkrecht zu $r\{101\}$, bildet mit der $b$-Axe 11°; 1. Mittellinie 10° zur Normalen auf $r\{101\}$ geneigt, $2E = 102^\circ$, Dispersion schwach, $\varrho > v$.

### Kaliumcadmiumselenat-Dihydrat = $(SeO_4)_2CdK_2 . 2H_2O$.

Spec. Gew. 3,388 Wyrouboff[10]), 3,376 Topsøe[30]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7239 : 1 : 0{,}4614 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 84^\circ 46', \quad \beta = 101^\circ 55', \quad \gamma = 86^\circ 28'.$$

Zuerst dargestellt von Hauer[31]), welcher es sowohl bei höherer als bei niederer Temperatur der Lösung in wasserhellen, luftbeständigen Krystallen erhielt; nach Krenner zeigen dieselben folgende Formen: $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $k\{031\}$, $\varkappa\{0\bar{3}1\}$, $\xi\{2\bar{3}\bar{1}\}$, $w\{1\bar{6}\bar{1}\}$, $x\{1\bar{3}\bar{2}\}$ und sind meist Zwillinge nach $r\{101\}$ oder $\varrho\{10\bar{1}\}$. Wyrouboff (l. c. 258) untersuchte sehr genau meßbare Krystalle derselben Combination (ohne die zuletzt erwähnten Formen), welche er bei 35° erhalten hatte, und beobachtete an denselben auch Zwillinge des 3. Gesetzes: Zwillingsebene $b\{010\}$.

---

30) Topsøe, Bibl. Univ. Arch. sc. phys. nat. 1872, (2) 45, 227. In der Dissert. von Topsøe[29]) sind die spec. Gew. des Kalium- und Ammoniumsalzes verwechselt.

31) K. v. Hauer (Mess. v. Krenner), Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1866, 54 (II), 209.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Krenner: |
|---|---|---|---|
| $c : a = (001) : (100) =$ | 77° 41′ | 77° 37′ | 78° 31′ |
| $\mu : a = (1\bar{1}0) : (100) =$ | — | *32 40 | 33 20 |
| $m : a = (110) : (100) =$ | — | *35 22 | 35 34 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | — | *68 10 | 67 40 |
| $\varrho : \mu = (10\bar{1}) : (1\bar{1}0) =$ | 73 14 | 73 13 | 73 33 |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 60 18 | 60 22 | 60 34 |
| $r : \mu = (101) : (1\bar{1}0) =$ | 53 54 | 53 40 | — |
| $\nu : \mu = (1\bar{3}0) : (1\bar{1}0) =$ | 27 12 | 27 12 | — |
| $n : m = (130) : (110) =$ | 32 8 | 32 18 | 31 9 |
| $r : a = (101) : (100) =$ | — | *49 0 | 49 16 |
| $c : r = (001) : (101) =$ | 29 5 | — | — |
| $r : \varrho' = (101) : (\bar{1}01) =$ | 61 22 | — | 61 10 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | — | 66 38 | 66 34 |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | 35 23 | — | 34 55 |
| $k : r = (031) : (101) =$ | (61 59 K.) | — | 62 11 |
| $k : \varrho' = (031) : (\bar{1}01) =$ | (62 29 ») | — | 62 59 |
| $\varkappa : r = (0\bar{3}1) : (101) =$ | (53 45 ») | — | 52 48 |
| $\varkappa : \varrho' = (0\bar{3}1) : (\bar{1}01) =$ | (58 17 ») | — | 58 54 |
| $x' : r = (\bar{1}32) : (101) =$ | (58 3 ») | — | 58 42 |
| $x' : \varrho' = (\bar{1}32) : (\bar{1}01) =$ | (37 16 ») | — | 37 16 |
| $\xi' : r = (\bar{2}31) : (101) =$ | (87 8 ») | — | 87 0 ca. |
| $\xi' : \varrho' = (\bar{2}31) : (\bar{1}01) =$ | (50 22 ») | — | 51 0 » |
| $w' : r = (\bar{1}61) : (101) =$ | (66 56 ») | — | 67 2 |
| $w' : \varrho' = (\bar{1}61) : (\bar{1}01) =$ | (61 39 ») | — | 61 57 |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ sehr vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen. Doppelbrechung negativ; die Axenebene bildet 10° mit der $b$-Axe und 25° mit einer zu $r\{101\}$ normalen Ebene; durch letztere Fläche beide Axenbilder sichtbar, 1. Mittellinie senkrecht zur $b$-Axe, $2E = 47°$, Dispersion schwach, $\varrho < v$ (Wyrouboff).

### Ammoniumcadmiumselenat-Dihydrat = $(SeO_4)_2Cd(NH_4)_2 \cdot 2H_2O$.

Spec. Gew. 2,897 Topsøe[30]).
Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}7277 : 1 : 0{,}4418 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 80° 1', \quad \beta = 106° 9', \quad \gamma = 91° 34'.$$

Die Krystalle dieses Salzes, von Topsøe[30]) (l. c. 34) aus der Lösung bei 70° erhalten, unterscheiden sich im Habitus von den übrigen dieser isomorphen Reihe, indem sie nicht nach der $b$-Axe, sondern nach der Kante $\varrho : n = [\bar{1}01, 130]$ verlängert sind und von den gewöhnlichen Formen der übrigen $\mu\{1\bar{1}0\}$ häufig fehlt und dafür $k\{031\}$ stark entwickelt ist. Wyrouboff (l. c. 251) beobachtete auch Zwillinge nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $r\{101\}$, gibt aber keine eigenen Messungen, sondern nur die aus Topsøes Angaben berechneten Werte.

| | Berechnet: | Beobachtet (T.): |
|---|---|---|
| $m : a = (110) : (100) =$ | 35° 47′ | 35° 36′ |
| $\mu : a = (1\bar{1}0) : (100) =$ | 34 56 | — |
| $m : \varrho = (110) : (10\bar{1}) =$ | 69 20 | 69 23 |
| $m : r = (110) : (101) =$ | 60 2 | 61 28 |
| $\mu : r = (1\bar{1}0) : (101) =$ | 51 16 | — |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\nu : n = (1\bar{3}0) : (130) =$ | 129° 40′ | 129° 23′ |
| $\nu : \mu = (1\bar{3}0) : (1\bar{1}0) =$ | 28 51 | — |
| $n : m = (130) : (110) =$ | 30 6 | — |
| $r : a = (101) : (100) =$ | 47 39 | 47 26 |
| $r : \varrho' = (101) : (\bar{1}01) =$ | — | *60 49 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | 71 33 | — |
| $n : \varrho = (130) : (10\bar{1}) =$ | — | *73 46 |
| $\nu : \varrho = (1\bar{3}0) : (10\bar{1}) =$ | — | *89 33 |
| $\nu : r = (1\bar{3}0) : (101) =$ | — | *65 37 |
| $\nu' : k = (\bar{1}30) : (031) =$ | — | *53 19 |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ sehr vollkommen, naeh $r\{101\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebenen, mit deutlicher Dispersion, senkrecht zur Kante $\nu\varrho = [1\bar{3}0, 10\bar{1}]$ und 11° gegen eine zu $\varrho\{10\bar{1}\}$ normale Ebene geneigt; durch $\varrho\{10\bar{1}\}$ beide Axenbilder sichtbar, 1. Mittellinie unter 19° zur Normalen, $2E = 140°$, Dispersion schwach, $\varrho < v$.

### Ammoniummagnesiummolybdat-Dihydrat = $(MoO_4)_2Mg(NH_4)_2 \cdot 2H_2O$.

Rhombisch (?). $a : b : c = 0{,}851 : 1 : 0{,}436$ Zepharovich[32]).

Die von Ullik[33]) dargestellten Krystalle sind nach Zepharovich scheinbar rhombische Bipyramiden $o\{111\}$ mit $b\{010\}$ und den untergeordneten Formen $a\{100\}$ und $n\{210\}$; ihre Flächen, mit Ausnahme von $b\{010\}$, sind aber so gekrümmt, daß keine für die Symmetrie entscheidenden Messungen möglich waren; die Differenzen der Winkel und das Vorkommen einspringender Kanten auf den Spaltungsflächen sprechen für ein weniger symmetrisches Krystallsystem.

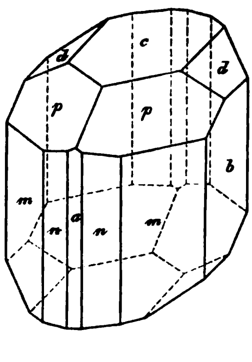
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *42° 24′ |
| $o : o' = (111) : (\bar{1}11) =$ | — | *50 17 |
| $o : o_{,} = (111) : (11\bar{1}) =$ | 67° 49′ | — |
| $o : n = (111) : (210) =$ | 57 49 | 54 ca. |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0) =$ | 46 6 | $46\frac{1}{2}$°—50° |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $a\{100\}$ weniger vollkommen. Ebene der optischen Axen $b\{010\}$.

### Natriummagnesiumsulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2MgNa_2 \cdot 4H_2O$

(nat. **Blödit, Astrakanit, Simonyit**).

Fig. 709.




Spec. Gew. 2,22—2,28 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1{,}3492 : 1 : 0{,}6717;$

$\beta = 100° 48\frac{1}{2}'$ Koechlin (nat. Kryst.).

Dieses Mineral findet sich in Steinsalzlagerstätten in schönen und meist sehr flächenreichen Krystallen, an denen gewöhnlich die Formen $m\{110\}$, $n\{210\}$, $c\{001\}$, $d\{011\}$, $p\{111\}$ u. a. vorherrschen (s. Fig. 709).

32) V. v. Zepharovich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1868, **58** (II), 115.

33) Ullik, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, **55** (II), 767. Ann. d. Chemie **144**, 204.

Die Bedingungen der Bildung desselben wurden von van 't Hoff und Meyerhoffer[34]) festgestellt.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}; die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 45° für Rot, $43\frac{1}{2}$° für Blau im spitzen Winkel $\beta$; $2V = 70°5'$ Rot, 72°34′ Blau; $2E = 119°$ und $\beta = 1{,}500$ für Rot.

### Natriummanganosulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2MnNa_2 . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}3441:1:0{,}6680; \quad \beta = 99°18' \text{ Scacchi}^{21}).$$

Das Doppelsalz wurde zuerst dargestellt aus der Lösung der beiden Componenten, welche aber auch häufig sich getrennt abscheiden, unter 40° von Marignac[24]) (l. c. 21 bzw. 450), in nach $c${001} tafeligen hellroten Krystallen mit $m${110}, seltener mit $n${210} und $k${180}. Scacchi (l. c. 12 bzw. 18) fand, daß unter 30° die beiden Sulfate getrennt auskrystallisieren, zwischen 35° und 45° sich neben einander Krystalle der Doppelsalze mit 2 und mit 4 Mol. $H_2O$ bilden, bei höherer Temperatur auch noch solche des S. 493 beschriebenen Salzes; die von Scacchi gemessenen Krystalle waren flächenreiche Combinationen vom Habitus des Blödit mit folgenden Formen: $c${001}, $b${010}, $a${100}, $m${110}, $n${210}, $l${120}, $\sigma${20$\bar{1}$}, $o${111}, $\omega${11$\bar{1}$}, $q${011}, $\xi${21$\bar{1}$}, $x${131}, $y${223}.

| | Berechnet: | Beobachtet: Scacchi: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10)$ = | — | *74° 2′ | 72°—75° |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0)$ = | 67° 6′ | — | 67°19′ |
| $l:l = (120):(\bar{1}20)$ = | 41 18 | — | — |
| $k:k = (180):(\bar{1}80)$ = | 10 46 | — | 10 ca. |
| $c:q = (001):(011)$ = | 33 33 | — | — |
| $c:\sigma = (001):(20\bar{1})$ = | — | *49 27 | 49 40 |
| $c:m = (001):(110)$ = | — | *84 25 | 83 30 |
| $c:l = (001):(120)$ = | 86 44 | — | — |
| $c:n = (001):(210)$ = | 82 16 | — | — |
| $c:a = (001):(100)$ = | 80 42 | — | — |
| $c:o = (001):(111)$ = | 37 1 | — | — |
| $c:y = (001):(223)$ = | 27 29 | — | 26 36 |
| $c:x = (001):(131)$ = | 61 47 | — | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11)$ = | 41 34 | — | — |
| $c:\zeta' = (001):(\bar{2}11)$ = | 54 31 | — | — |
| $b:o = (001):(111)$ = | 61 16 | — | — |
| $b:x = (010):(131)$ = | 31 17 | — | — |
| $b:\omega = (010):(11\bar{1})$ = | 58 1 | — | — |
| $b:\zeta = (010):(21\bar{1})$ = | 62 15 | — | — |
| $a:o = (100):(111)$ = | 58 29 | — | — |
| $a:x = (100):(131)$ = | 72 54 | — | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1})$ = | 71 40 | — | — |
| $a:\zeta = (100):(21\bar{1})$ = | 56 34 | — | — |
| $a:q = (100):(011)$ = | 82 16 | — | — |
| $\sigma:n = (20\bar{1}):(210)$ = | 57 30 | — | 58 30 |
| $\sigma:m = (20\bar{1}):(110)$ = | 67 9 | — | 65°—69° |

34) Van 't Hoff u. Meyerhoffer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1903, 678. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 41, 670.

### Natriumferrosulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2FeNa_2 . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,3494 : 1 : 0,6693$; $\beta = 100^\circ 27'$ Marignac[24]).

Marignac (l. c. 25 bzw. 453) erhielt das Salz bei 35° und darüber in blaßgrünen Krystallen mit den Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $q\{011\}$; tafelig nach $c$; $q$ ist selten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m' = (110) : (\bar{1}10) =$ | — | *74° 0′ |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0) =$ | 67° 8′ | 67 12 |
| $c : q = (001) : (011) =$ | 33 21 | 33 0 ca. |
| $c : \sigma' = (001) : (\bar{2}01) =$ | 49 57 | 50 0 ca. |
| $c : m = (001) : (110) =$ | — | *83 44′ |
| $c : n = (001) : (210) =$ | 81 19 | 81 20 |
| $\sigma : m = (20\bar{1}) : (110) =$ | 67 30 | 67 24 |
| $\sigma : n = (20\bar{1}) : (210) =$ | — | *58 0 ca. |

### Natriumzinksulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2ZnNa_2 . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,3441 : 1 : 0,7110$; $\beta = 100^\circ 22'$ Miller[35]).

Die von Miller gemessenen Krystalle zeigten die Formen: $m\{110\}$, $n\{210\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$. Scacchi[20]) (l. c. 76) beobachtete noch $q\{011\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ und untersuchte speciell die Vicinalflächen von $m$ und $n$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Miller: | Scacchi: |
|---|---|---|---|
| $m : m' = (110) : (\bar{1}10) =$ | — | *74° 12′ | 73° 45′—75° 14′ |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0) =$ | 66° 56′ | — | 66 8 —67 44 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *83 47 | — |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | — | *29 54 | — |

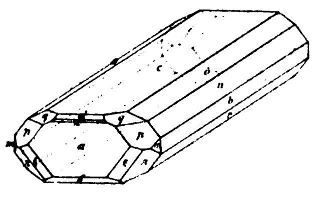
### Kaliummagnesiumsulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2MgK_2 . 4H_2O$
(nat. Leonit).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,0382 : 1 : 1,2335$; $\beta = 95^\circ 10'$ Tenne (nat. Kryst.).

Das Salz krystallisiert aus reiner wässeriger Lösung nur über 92° (unter dieser Temperatur bildet sich das Hexahydrat) und wurde von van der Heide[36]) bei 100° und ebenso von Strandmark[37]) erhalten; Letzterer beobachtete daran die Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $n\{011\}$, $p\{111\}$, $\pi\{11\bar{1}\}$, $m\{120\}$ in derselben Ausbildung, wie an den natürlichen Krystallen, und häufig Durchwachsungszwillinge nach $c\{001\}$.

Fig. 710.



Die Krystalle des in den Steinsalzlagerstätten vorkommenden Leonit zeigen nach Strandmark die Combination (Fig. 710): $c\{001\}$, $o\{013\}$, $n\{011\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $p\{111\}$, $\pi\{11\bar{1}\}$, $\xi\{21\bar{1}\}$, $q\{113\}$, $\delta\{10\bar{2}\}$, $d\{102\}$, $\omega\{101\}$, $m\{120\}$.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 2. Mittellinie nahe senkrecht zu $c\{001\}$.

---

35) Miller, Philos. Magaz. London 1847—1848, (3) **31**, 540.
36) Van der Heide, Ber. d. d. chem. Ges. 1893, **26**, 414.
37) Strandmark, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **36**, 465.

### Kaliummanganosulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2MnK_2 . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0324:1:1,2485$; $\beta = 95^\circ 0'$ Marignac[24]).

Marignac (l. c. 15 bzw. 445) erhielt dieses Salz aus Lösungen von gewöhnlicher Temperatur in tafelförmigen Krystallen, welche etwas weniger nach der Axe $a$ verlängert waren, als die des Leonit (Fig. 710), und an denen außer $c\{001\}$ ausgebildet waren: $n\{011\}$, $d\{102\}$, $a\{100\}$, $\delta\{10\bar{2}\}$, $\pi\{11\bar{1}\}$ und untergeordnet: $o\{013\}$, $b\{010\}$, $q\{113\}$, $p\{111\}$ und $m\{120\}$; fast immer Zwillinge nach $c\{001\}$, gewöhnlich nur mit dem scheinbar rhombischen Ende $\pi$, $\underline{\pi}$, $\delta$, $\underline{\delta}$ entwickelt. Nach Scacchi[19]) (l. c. 6) krystallisiert das Tetrahydrat bei allen Temperaturen zwischen 0° und 40° bei einem kleinen Überschusse an Manganosulfat in der Lösung; wenn kein Überschuß an Schwefelsäure vorhanden ist, sind sie nach der $a$-Axe stärker verlängert; Scacchi beobachtete die gewöhnliche Zwillingsbildung nach $c\{001\}$ auch in lamellarer Wiederholung und außer den angeführten Formen noch $l\{110\}$ und $\chi\{11\bar{3}\}$. Einige Messungen an einem Präparate von Weltzien und König, welches die Formen $c$, $b$, $n$, $o$, $c$, $d$, $\delta$, $p$ und $\pi$ zeigte, wurden von Schabus[38]) angestellt.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Scacchi: | Schabus: |
|---|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ | = 85° 0′ | 85° 0′ | 85° 5′ | 84° 24′ |
| $m:b = (120):(010)$ | = 25 56 | 25 50 | (26 30 ber.) | 26 30 |
| $l:b = (110):(010)$ | = 44 12 | — | (43 43½ » ) | — |
| $n:c = (011):(001)$ | = — | *51 12 | — | 51 0 |
| $o:c = (013):(001)$ | = 22 31 | 22 30 | 22 30 | 22 20 |
| $n:a = (011):(100)$ | = 86 53 | 86 42 | — | — |
| $o:a = (013):(100)$ | = 85 24 | 85 23 | (85 27½ ber.) | — |
| $d:c = (102):(001)$ | = 29 47 | 29 44 | 29 34 | 29 21 |
| $\delta':c = (\bar{1}02):(001)$ | = 32 27 | 32 20 | — | 33 15 |
| $d:m = (102):(120)$ | = 75 34 | 75 35 | — | — |
| $d:n = (102):(011)$ | = 57 3 | 56 54 | — | — |
| $\delta:m = (10\bar{2}):(120)$ | = 78 22 | 78 20 | — | — |
| $\delta:n = (10\bar{2}):(011)$ | = 58 5 | 58 12 | — | — |
| $\pi:\pi = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = — | *79 18 | (79 32 ber.) | — |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001)$ | = — | *62 40 | (62 28 » ) | — |
| $\pi:a = (11\bar{1}):(100)$ | = 54 51 | — | (55 5 » ) | — |
| $p:p = (111):(1\bar{1}1)$ | = 74 30 | — | (74 50 » ) | — |
| $p:c = (111):(001)$ | = 57 27 | 57 35 | (57 22 » ) | — |
| $p:a = (111):(100)$ | = 50 52 | — | (51 9 » ) | — |
| $q:q = (113):(1\bar{1}3)$ | = 40 56 | 40 50 | (41 0 » ) | — |
| $q:c = (113):(001)$ | = 29 8 | 29 7 | (29 2½ » ) | — |
| $q:a = (113):(100)$ | = 65 46 | — | (65 48 » ) | — |
| $\chi:\chi = (11\bar{3}):(1\bar{1}\bar{3})$ | = 43 7 | — | (43 15 » ) | — |
| $\chi':c = (\bar{1}13):(001)$ | = 30 42 | — | (30 44 » ) | — |
| $\chi:a = (11\bar{3}):(100)$ | = 73 38 | — | (73 48 » ) | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ unvollkommen (Marignac).

### Kaliumcadmiumsulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2CdK_2 . 4H_2O$.

Spec. Gew. 2,523 Wyrouboff[10]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0894:1:1,2365$; $\beta = 102^\circ 59'$ Wyrouboff[10]).

38) Schabus, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **29**, 441.

Die Verbindung entsteht nach Wyrouboff (l. c. 236) beim Verdunsten der Lösung zwischen 0° und 16°. Die Krystalle sind nach der Axe $a$ verlängerte Tafeln $c\{001\}$, combiniert mit $p\{111\}$, $\pi\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $n\{011\}$, $k\{012\}$, untergeordnet $a\{100\}$ und $\chi\{11\bar{3}\}$, oder seitlich nur von $b\{010\}$ begrenzt, mit $m\{120\}$, $a\{100\}$ und kleinen Flächen von $p\{111\}$ und $\pi\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:a = (001):(100)$ | $= 77^\circ\ 1'$ | $77^\circ\ 4'$ |
| $m:m = (210):(2\bar{1}0)$ | $= 55\ 54$ | 55 46 |
| $p:p = (111):(1\bar{1}1)$ | $=$ — | *71 32 |
| $p:c = (111):(001)$ | $=$ — | *52 30 |
| $\pi:\pi = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | $=$ — | *84 12 |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001)$ | $= 65\ 30$ | 65 20 |
| $\chi:\chi = (11\bar{3}):(1\bar{1}\bar{3})$ | $= 44\ 32$ | — |
| $\chi':c = (\bar{1}13):(001)$ | $= 30\ 51$ | — |
| $\chi':b = (\bar{1}13):(010)$ | $= 67\ 50$ | 67 50 |
| $n:b = (011):(010)$ | $= 39\ 41$ | 39 37 |
| $k:k = (012):(0\bar{1}2)$ | $= 62\ \ 8$ | — |
| $k:n = (011):(012)$ | $= 19\ 15$ | 19 8 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $20\frac{3}{4}^\circ$ im stumpfen Winkel $\beta$, $2E = 43^\circ 24'$, Dispersion schwach, $\varrho > v$.

### Kaliummagnesiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2MgK_2 \cdot 6H_2O$

**(nat. Pikromerit, Schönit).**

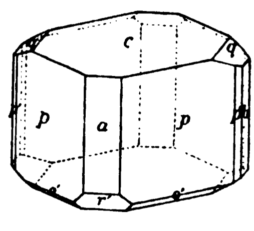
Spec. Gew. 2,029 Gerhart[39]), 2,034 Tutton[40]), 2,024 Topsøe und Christiansen[41]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7413:1:0{,}4993;\quad \beta = 104^\circ 48' \text{ Tutton}^{42)}.$$

Die Existenzbedingungen und Löslichkeitsverhältnisse dieses Salzes bestimmte van der Heide[43]).

Fig. 711.




Die gewöhnliche Combination (s. Fig. 711) zeigt die Formen: $p\{110\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, welche bereits von Brooke[44]) und Rammelsberg[28]) beobachtet wurden. Murmann und Rotter[45]) fügten dazu $p'\{120\}$, welche nach Tutton[42]) nur selten auftritt; auch $o'\{11\bar{1}\}$ und $b\{010\}$ fehlen zuweilen. Nach Gerhart, welche eine Bestimmung der Centraldistanz der verschiedenen Flächen ausführte, besitzen die Krystalle aus reiner Lösung den Habitus Fig. 711, ebenso die aus einer Lösung mit überschüssiger Schwefelsäure, während ein Überschuß von Magnesiumsulfat stärkere Verlängerung nach

39) Hilda Gerhart, Tschermaks min. u. petrogr. Mitt. 1905, **24**, 380. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **44**, 106.

40) Tutton, Transact. Chem. Soc. 1905, **87**, 1160. Zeitschr. f. Krystall. 1906, **41**, 357.

41) Topsøe u. Christiansen, Vidensk. Selsk. Skr. Kopenhagen 1873, (5) **9**, 737. Ann. chim. phys. 1874, (5) **1**, 88. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1874, Erg.-Bd. **6**, 574.

42) Tutton, Transact. Chem. Soc. 1893, **63**, 344. Zeitschr. f. Krystall. 1893, **21**, 494.

43) Van der Heide, Zeitschr. f. physik. Chemie 1893, **12**, 416. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 511. S. auch van 't Hoff, Vorles. üb. Bildung u. Spaltung v. Doppelsalzen, Leipzig 1897.

44) Brooke, Annals of Philos. 1823, **23**, 117.

45) Murmann u. Rotter, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1859, **34**, 142.

### Ammoniumuranylsulfat-Dihydrat = $(SO_4)_2UO_2(NH_4)_2 \cdot 2H_2O$.

Monoklin prismatisch (?).

$$a:b:c = 1,428:1:1,226; \quad \beta = 102^\circ 0'.$$

De la Provostaye[27]) beschrieb die Krystalle als dicktafelige Combinationen von $a\{100\}$, $n\{120\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *54° 25′ |
| $n:a = (120):(100) =$ | 70° 42′ | 70 20 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *42 30 |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *35 30 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 58 22 | 62 0 |

### Kaliummagnesiumchromat-Dihydrat = $(SO_4)_2MgK_2 \cdot 2H_2O$.

Spec. Gew. 2,602 Wyrouboff[10]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,6551:1:0,4326 \text{ Wyrouboff}^{10}).$$
$$\alpha = 84^\circ 35', \quad \beta = 102^\circ 44', \quad \gamma = 86^\circ 38'.$$

Dieses Hydrat bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 253) über 18° in dünnen Tafeln mit den Formen: $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{120\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$. Zwillingsbildung wie bei den isomorphen Sulfaten (S. 496).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | 34° 2′ | 34° 15′ |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *31 20 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 67 26 | 67 27 |
| $\mu:\varrho = (1\bar{1}0):(10\bar{1}) =$ | 72 21 | — |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101) =$ | 52 20 | 52 26 |
| $\nu:\mu = (1\bar{3}0):(1\bar{1}0) =$ | 27 34 | 27 30 |
| $n:m = (130):(110) =$ | 32 16 | 32 25 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *47 30 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 29 16 | 29 32 |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *66 12 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 66 18 | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 37 2 | — |

An Zwillingen nach $\{010\}$:

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:\underline{r} = (101):(\underline{101}) =$ | — | *14 20 |
| $\varrho':\underline{\varrho}' = (\bar{1}01):(\underline{\bar{1}01}) =$ | — | *6 4 |
| $a:\underline{a} = (100):(\underline{100}) =$ | 9 24 | 9 5 |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $r\{101\}$.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene nahe senkrecht zu $r\{101\}$ und 13° zu einer auf $\varrho\{10\bar{1}\}$ normalen Ebene geneigt; ihre Trace auf $r\{101\}$ bildet 92°, auf $\varrho\{10\bar{1}\}$ 75° mit [010]; Spaltungsplatten nach beiden Flächen zeigen infolge starker Dispersion der Schwingungsrichtungen keine Dunkelstellung; 1. Mittellinie nahe senkrecht zu $c\{001\}$, so daß durch $r\{101\}$ und $\varrho'\{\bar{1}01\}$ je ein Axenbild sichtbar ist, 20° bzw. 11° zur Normale der Fläche geneigt; $2E = 149^\circ$, Dispersion sehr stark, $\varrho < v$.

---

27) Hervé de la Provostaye, Ann. chim. phys. 1842, (3) 5, 51.

## Kaliumcalciumchromat-Dihydrat = $(CrO_4)_2CaK_2 . 2H_2O$.

### α-Modification.

Spec. Gew. 2,411 Wyrouboff[10]).
Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}6591 : 1 : 0{,}4383 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 78^\circ 16', \qquad \beta = 101^\circ 3', \qquad \gamma = 83^\circ 8'.$$

Das Salz scheidet sich nach Wyrouboff (l. c. 255) beim Verdunsten der Lösung über Schwefelsäure zuerst und vorwiegend aus; es bildet dünne gelbe Nadeln $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $a\{100\}$ mit den Endflächen $\lambda\{1\bar{2}0\}$, $l\{120\}$ und $b\{010\}$, stets Zwillinge nach $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\mu : m = (1\bar{1}0) : (110) =$ | 66° 1′ | — |
| $\lambda : a = (1\bar{2}0) : (100) =$ | 46 57 | — |
| $l : a = (120) : (100) =$ | — | *59° 4′ |
| $r : \varrho' = (101) : (\bar{1}01) =$ | — | *66 0 |
| $r : a = (101) : (100) =$ | — | *48 0 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | 66 0 | — |
| $l : \varrho = (120) : (10\bar{1}) =$ | — | *68 23 |
| $\lambda : \varrho = (1\bar{2}0) : (10\bar{1}) =$ | 81 48 | 82 0 |
| $l : r = (120) : (101) =$ | 77 40 | — |
| $\lambda : r = (1\bar{2}0) : (101) =$ | 55 26 | — |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen.
Doppelbrechung negativ, stark; die Axenebene, $\perp \varrho\{10\bar{1}\}$, bildet 19° mit der $b$-Axe; die 1. Mittellinie ist zu letzterer senkrecht, $2H = 123^\circ$ rot, Dispersion sehr stark, $\varrho < v$, mit deutlicher gekreuzter Dispersion der Axenebenen.

### β-Modification.

Spec. Gew. 2,596 Wyrouboff[10]).
Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}7616 : 1 : 0{,}8807 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$
$$\alpha = 86^\circ 0', \qquad \beta = 94^\circ 41', \qquad \gamma = 81^\circ 37'.$$

Rammelsberg[28]) erhielt dieses Salz in rhomboidischen Prismen $b\{010\}$, $a\{100\}$ mit schmalen $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$, an den Enden die Formen: $q\{011\}$, $k\{0\bar{1}1\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $c\{001\}$ in wechselnder Größe, endlich $\tau\{0\bar{5}2\}$ stets untergeordnet. Nach Wyrouboff (l. c. 255) entstehen die großen, bräunlichgelben Krystalle bei gewöhnlicher Temperatur neben denen der α-Modification, aber in geringerer Menge, und zeigen außer den angeführten Formen fast immer noch $o\{111\}$ und häufig $\zeta\{4\bar{3}0\}$. Den folgenden berechneten Winkeln Wyrouboffs liegen die Werte der Fundamentalwinkel Rammelsbergs zugrunde, welche mit den von ihm gemessenen, aber nicht mitgeteilten übereinstimmen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Beobachtet: Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $a : b = (100) : (010) =$ | — | *98° 46′ | — |
| $b : c = (010) : (001) =$ | — | *94 45 | — |
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *84 40 | — |
| $\mu : b' = (1\bar{1}0) : (0\bar{1}0) =$ | — | *47 4 | — |
| $\zeta' : a = (4\bar{3}0) : (100) =$ | 28° 3′ | — | 28° 0′ ca. |

28) Rammelsberg, Handb. d. krystall. Chemie, Berlin 1855, 268.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | 40° 24′ | — | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 42 51 | 42° 25′ | — |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 38 20 | — | — |
| $q:k = (011):(0\bar{1}1) =$ | 83 38 | 83 42 | — |
| $k:c = (0\bar{1}1):(001) =$ | — | *39 42 | — |
| $\tau:k = (0\bar{5}2):(0\bar{1}\bar{1}) =$ | 23 15 | 22 54 | — |
| $o:r = (111):(101) =$ | 48 43 | — | 48° 47′ |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen.

### Kaliummanganoselenat-Dihydrat = $(SeO_4)_2MnK_2 . 2H_2O$.

Spec. Gew. 3,070 Topsøe[29]).

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,6911:1:0,4430$ Wyrouboff[10]).

$\alpha = 84°34'$, $\beta = 101°58'$, $\gamma = 86°30'$.

Dieses, wie es scheint, einzige Hydrat des Doppelsalzes bildet sich bei allen Temperaturen zwischen 4° und 70°. Topsøe[29]) untersuchte Krystallé von der Form der Fig. 708 (S. 496): $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $k\{031\}$, $\xi\{132\}$, $y\{2\bar{3}\bar{1}\}$. Sehr gut meßbare Krystalle erhielt Wyrouboff (l. c. 249) bei 40°; dieselben zeigten $\varrho\{10\bar{1}\}$ vorherrschend und statt $k$ und $\xi$, ebenfalls untergeordnet, $c\{001\}$, ferner Zwillingsbildung nach $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, selten auch nach $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Topsøe: |
|---|---|---|---|
| $c:a = (001):(100) =$ | 77° 37′ | 77° 34′ | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *32 40 | 32° 28′ |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *35 40 | (35 52 ber.) |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *68 0 | 68 23 |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 73 12 | — | 73 4 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 60 26 | 60 40 | 60 37 |
| $r:\mu = (101):(1\bar{1}0) =$ | 53 59 | — | 53 52 |
| $n:m = (130):(110) =$ | 32 3 | — | — |
| $\nu:\mu = (1\bar{3}0):(1\bar{1}0) =$ | 27 24 | 27 10 | 28 0 ca. |
| $\nu:\varrho = (1\bar{3}0):(10\bar{1}) =$ | 82 54 | 82 56 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 48 50 | — | (49 8 ber.) |
| $r:c = (101):(001) =$ | 28 47 | 28 36 | — |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *64 40 | 64 17 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *66 30 | 66 35 |
| $y:\varrho = (2\bar{3}\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 49 53 | 50 0 | — |
| $y:\mu = (2\bar{3}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 32 33 | 32 40 | — |
| $k:r = (031):(101) =$ | (52 35 T.) | — | 52 24 |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene parallel der $b$-Axe, 42° geneigt zur Normalen auf $r\{101\}$; durch letztere Fläche beide Axenbilder sichtbar, 1. Mittellinie senkrecht zur $b$-Axe, $2E = 61°$, Dispersion schwach, $\varrho < v$.

29) Topsøe, Kryst.-kem. Unders. o. d. selens. Salte. Dissert. Kopenhagen 1870, 35.

### Kaliumzinkselenat-Dihydrat = $(SeO_4)_2ZnK_2.2H_2O$.

Spec. Gew. 3,210 Topsøe[29]).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}7060:1:0{,}4335$ Wyrouboff[10]).

$\alpha = 83^\circ 52'$, $\beta = 99^\circ 41'$, $\gamma = 84^\circ 46'$.

Das Salz wurde von Topsøe (l. c. 37) aus einer Lösung bei 70° krystallisiert; beobachtete Formen: $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $a\{100\}$, ziemlich häufig auch $k\{031\}$, $\psi\{23\bar{1}\}$. Dieselbe Combination beobachtete auch Wyrouboff (l. c. 248); fast immer Zwillinge nach $r\{101\}$ oder $\varrho\{10\bar{1}\}$. Die berechneten Werte und die obigen Elemente wurden von Wyrouboff aus den Fundamentalwinkeln Topsøes hergeleitet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:a = (001):(100)$ | = 79° 39′ | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100)$ | = — | *32° 49′ |
| $m:a = (110):(100)$ | = — | *37 6 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110)$ | = 67 35 | 67 43 |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | = — | 73 20 |
| $r:\nu = (101):(1\bar{3}0)$ | = — | *67 1 |
| $\varrho:\nu = (10\bar{1}):(1\bar{3}0)$ | = — | *83 0 |
| $r:m = (101):(110)$ | = 63 12 | 62 12 ca. |
| $r:\mu = (101):(1\bar{1}0)$ | = 55 8 | 54 57 |
| $n:\nu' = (130):(\bar{1}30)$ | = 50 48 | 50 49 |
| $r:a = (101):(100)$ | = 51 11 | 51 39 ca. |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01)$ | = 62 39 | 62 37 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100)$ | = 66 10 | 66 13 |
| $r:k = (101):(031)$ | = 63 37 | 64 53 |
| $\psi:\varrho = (23\bar{1}):(10\bar{1})$ | = 43 38 | 44 45 ca. |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen, nach $c\{101\}$ ziemlich vollkommen. Doppelbrechung negativ, sehr stark; die Axenebene, senkrecht zu $r\{101\}$, bildet mit der $b$-Axe 11°; 1. Mittellinie 10° zur Normalen auf $r\{101\}$ geneigt, $2E = 102^\circ$, Dispersion schwach, $\varrho > v$.

### Kaliumcadmiumselenat-Dihydrat = $(SeO_4)_2CdK_2.2H_2O$.

Spec. Gew. 3,388 Wyrouboff[10]), 3,376 Topsøe[30]).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}7239:1:0{,}4614$ Wyrouboff[10]).

$\alpha = 84^\circ 46'$, $\beta = 101^\circ 55'$, $\gamma = 86^\circ 28'$.

Zuerst dargestellt von Hauer[31]), welcher es sowohl bei höherer als bei niederer Temperatur der Lösung in wasserhellen, luftbeständigen Krystallen erhielt; nach Krenner zeigen dieselben folgende Formen: $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $n\{130\}$, $\nu\{1\bar{3}0\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $k\{031\}$, $x\{0\bar{3}1\}$, $\xi\{2\bar{3}\bar{1}\}$, $w\{1\bar{6}\bar{1}\}$, $x\{1\bar{3}\bar{2}\}$ und sind meist Zwillinge nach $r\{101\}$ oder $\varrho\{10\bar{1}\}$. Wyrouboff (l. c. 258) untersuchte sehr genau meßbare Krystalle derselben Combination (ohne die zuletzt erwähnten Formen), welche er bei 35° erhalten hatte, und beobachtete an denselben auch Zwillinge des 3. Gesetzes: Zwillingsebene $b\{010\}$.

30) Topsøe, Bibl. Univ. Arch. sc. phys. nat. 1872, (2) **45**, 227. In der Dissert. von Topsøe[29]) sind die spec. Gew. des Kalium- und Ammoniumsalzes verwechselt.

31) K. v. Hauer (Mess. v. Krenner), Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1866, **54** (II), 209.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Krenner: |
|---|---|---|---|
| $c:a = (001):(100) =$ | 77° 41′ | 77° 37′ | 78° 31′ |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *32 40 | 33 20 |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *35 22 | 35 34 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *68 10 | 67 40 |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 73 14 | 73 13 | 73 33 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 60 18 | 60 22 | 60 34 |
| $r:\mu = (101):(1\bar{1}0) =$ | 53 54 | 53 40 | — |
| $\nu:\mu = (1\bar{3}0):(1\bar{1}0) =$ | 27 12 | 27 12 | — |
| $n:m = (130):(110) =$ | 32 8 | 32 18 | 31 9 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *49 0 | 49 16 |
| $c:r = (001):(101) =$ | 29 5 | — | — |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | 64 22 | — | 64 10 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | 66 38 | 66 34 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 35 23 | — | 34 55 |
| $k:r = (031):(101) =$ | (61 59 K.) | — | 62 11 |
| $k:\varrho' = (031):(\bar{1}01) =$ | (62 29 » ) | — | 62 59 |
| $x:r = (0\bar{3}1):(101) =$ | (53 45 » ) | — | 52 48 |
| $x:\varrho' = (0\bar{3}1):(\bar{1}01) =$ | (58 17 » ) | — | 58 54 |
| $x':r = (\bar{1}32):(101) =$ | (58 3 » ) | — | 58 42 |
| $x':\varrho' = (\bar{1}32):(\bar{1}01) =$ | (37 16 » ) | — | 37 16 |
| $\xi':r = (\bar{2}31):(101) =$ | (87 8 » ) | — | 87 0 ca. |
| $\xi':\varrho' = (\bar{2}31):(\bar{1}01) =$ | (50 22 » ) | — | 51 0 » |
| $w':r = (\bar{1}61):(101) =$ | (66 56 » ) | — | 67 2 |
| $w':\varrho' = (\bar{1}61):(\bar{1}01) =$ | (61 39 » ) | — | 61 57 |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ sehr vollkommen, nach $r\{101\}$ ziemlich vollkommen. Doppelbrechung negativ; die Axenebene bildet 10° mit der $b$-Axe und 25° mit einer zu $r\{101\}$ normalen Ebene; durch letztere Fläche beide Axenbilder sichtbar, 1. Mittellinie senkrecht zur $b$-Axe, $2E = 47°$, Dispersion schwach, $\varrho < v$ (Wyrouboff).

### Ammoniumcadmiumselenat-Dihydrat = $(SeO_4)_2Cd(NH_4)_2 \cdot 2H_2O$.

Spec. Gew. 2,897 Topsøe[30]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7277:1:0{,}4418 \text{ Wyrouboff}^{10)}.$$

$$\alpha = 80°1', \qquad \beta = 106°9', \qquad \gamma = 91°34'.$$

Die Krystalle dieses Salzes, von Topsøe[30]) (l. c. 34) aus der Lösung bei 70° erhalten, unterscheiden sich im Habitus von den übrigen dieser isomorphen Reihe, indem sie nicht nach der $b$-Axe, sondern nach der Kante $\varrho:n = [\bar{1}01, 130]$ verlängert sind und von den gewöhnlichen Formen der übrigen $\mu\{1\bar{1}0\}$ häufig fehlt und dafür $k\{031\}$ stark entwickelt ist. Wyrouboff (l. c. 251) beobachtete auch Zwillinge nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $r\{101\}$, gibt aber keine eigenen Messungen, sondern nur die aus Topsøes Angaben berechneten Werte.

| | Berechnet: | Beobachtet (T.): |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | 35° 47′ | 35° 36′ |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | 34 56 | — |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 69 20 | 69 23 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 60 2 | 61 28 |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101) =$ | 51 16 | — |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\nu : n = (1\bar{3}0) : (130) =$ | 129° 40′ | 129° 23′ |
| $\nu : \mu = (1\bar{3}0) : (1\bar{1}0) =$ | 28 51 | — |
| $n : m = (130) : (110) =$ | 30 6 | — |
| $r : a = (101) : (100) =$ | 47 39 | 47 26 |
| $r : \varrho' = (101) : (\bar{1}01) =$ | — | *60 49 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | 71 33 | — |
| $n : \varrho = (130) : (10\bar{1}) =$ | — | *73 46 |
| $\nu : \varrho = (1\bar{3}0) : (10\bar{1}) =$ | — | *89 33 |
| $\nu : r = (1\bar{3}0) : (101) =$ | — | *65 37 |
| $\nu' : k = (\bar{1}30) : (031) =$ | — | *53 19 |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ sehr vollkommen, naeh $r\{101\}$ ziemlich vollkommen. Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebenen, mit deutlicher Dispersion, senkrecht zur Kante $\nu\varrho = [1\bar{3}0, 10\bar{1}]$ und 11° gegen eine zu $\varrho\{10\bar{1}\}$ normale Ebene geneigt; durch $\varrho\{10\bar{1}\}$ beide Axenbilder sichtbar, 1. Mittellinie unter 19° zur Normalen, $2E = 140°$, Dispersion schwach, $\varrho < v$.

### Ammoniummagnesiummolybdat-Dihydrat = $(MoO_4)_2Mg(NH_4)_2 \cdot 2H_2O$.

Rhombisch (?). $a : b : c = 0{,}851 : 1 : 0{,}436$ Zepharovich[32]).

Die von Ullik[33]) dargestellten Krystalle sind nach Zepharovich scheinbar rhombische Bipyramiden $o\{111\}$ mit $b\{010\}$ und den untergeordneten Formen $a\{100\}$ und $n\{210\}$; ihre Flächen, mit Ausnahme von $b\{010\}$, sind aber so gekrümmt, daß keine für die Symmetrie entscheidenden Messungen möglich waren; die Differenzen der Winkel und das Vorkommen einspringender Kanten auf den Spaltungsflächen sprechen für ein weniger symmetrisches Krystallsystem.

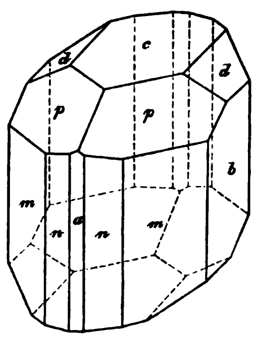
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *42° 24′ |
| $o : o' = (111) : (\bar{1}11) =$ | — | *50 17 |
| $o : o_{,} = (111) : (11\bar{1}) =$ | 67° 49′ | — |
| $o : n = (111) : (210) =$ | 57 49 | 54 ca. |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0) =$ | 46 6 | 46½°—50° |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $a\{100\}$ weniger vollkommen. Ebene der optischen Axen $b\{010\}$.

### Natriummagnesiumsulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2MgNa_2 \cdot 4H_2O$

**(nat. Blödit, Astrakanit, Simonyit).**

Fig. 709.




Spec. Gew. 2,22—2,28 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 1{,}3492 : 1 : 0{,}6717;$$
$$\beta = 100° 48\tfrac{1}{2}'$$ Koechlin (nat. Kryst.).

Dieses Mineral findet sich in Steinsalzlagerstätten in schönen und meist sehr flächenreichen Krystallen, an denen gewöhnlich die Formen $m\{110\}$, $n\{210\}$, $c\{001\}$, $d\{011\}$, $p\{111\}$ u. a. vorherrschen (s. Fig. 709).

32) V. v. Zepharovich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1868, 58 (II), 115.

33) Ullik, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, 55 (II), 767. Ann. d. Chemie 141, 204.

Die Bedingungen der Bildung desselben wurden von van 't Hoff und Meyerhoffer[84]) festgestellt.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}; die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 45° für Rot, 43½° für Blau im spitzen Winkel $\beta$; $2V = 70°5'$ Rot, 72°34′ Blau; $2E = 119°$ und $\beta = 1{,}500$ für Rot.

### Natriummanganosulfat-Tetrahydrat $= (SO_4)_2MnNa_2 . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}3441:1:0{,}6680$; $\beta = 99°18'$ Scacchi[21]).

Das Doppelsalz wurde zuerst dargestellt aus der Lösung der beiden Componenten, welche aber auch häufig sich getrennt abscheiden, unter 40° von Marignac[24]) (l. c. 21 bzw. 450), in nach $c${001} tafeligen hellroten Krystallen mit $m${110}, seltener mit $n${210} und $k${180}. Scacchi (l. c. 12 bzw. 18) fand, daß unter 30° die beiden Sulfate getrennt auskrystallisieren, zwischen 35° und 45° sich neben einander Krystalle der Doppelsalze mit 2 und mit 4 Mol. $H_2O$ bilden, bei höherer Temperatur auch noch solche des S. 493 beschriebenen Salzes; die von Scacchi gemessenen Krystalle waren flächenreiche Combinationen vom Habitus des Blödit mit folgenden Formen: $c${001}, $b${010}, $a${100}, $m${110}, $n${210}, $l${120}, $\sigma${20$\bar{1}$}, $o${111}, $\omega${11$\bar{1}$}, $q${011}, $\zeta${21$\bar{1}$}, $x${131}, $y${223}.

| | Berechnet: | Beobachtet: Scacchi: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *74° 2′ | 72°—75° |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 67° 6′ | — | 67°19′ |
| $l:l = (120):(\bar{1}20) =$ | 41 18 | — | — |
| $k:k = (180):(\bar{1}80) =$ | 10 46 | — | 10 ca. |
| $c:q = (001):(011) =$ | 33 33 | — | — |
| $c:\sigma = (001):(20\bar{1}) =$ | — | *49 27 | 49 40 |
| $c:m = (001):(110) =$ | — | *84 25 | 83 30 |
| $c:l = (001):(120) =$ | 86 44 | — | — |
| $c:n = (001):(210) =$ | 82 16 | — | — |
| $c:a = (001):(100) =$ | 80 42 | — | — |
| $c:o = (001):(111) =$ | 37 1 | — | — |
| $c:y = (001):(223) =$ | 27 29 | — | 26 36 |
| $c:x = (001):(131) =$ | 61 47 | — | — |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | 41 34 | — | — |
| $c:\zeta' = (001):(\bar{2}11) =$ | 54 31 | — | — |
| $b:o = (001):(111) =$ | 61 16 | — | — |
| $b:x = (010):(131) =$ | 31 17 | — | — |
| $b:\omega = (010):(11\bar{1}) =$ | 58 1 | — | — |
| $b:\zeta = (010):(21\bar{1}) =$ | 62 15 | — | — |
| $a:o = (100):(111) =$ | 58 29 | — | — |
| $a:x = (100):(131) =$ | 72 54 | — | — |
| $a:\omega = (100):(11\bar{1}) =$ | 71 40 | — | — |
| $a:\zeta = (100):(21\bar{1}) =$ | 56 34 | — | — |
| $a:q = (100):(011) =$ | 82 16 | — | — |
| $\sigma:n = (20\bar{1}):(210) =$ | 57 30 | — | 58 30 |
| $\sigma:m = (20\bar{1}):(110) =$ | 67 9 | — | 65°—69° |

84) Van 't Hoff u. Meyerhoffer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1903, 678. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 41, 670.

### Natriumferrosulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2FeNa_2 . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,3494 : 1 : 0,6693$; $\beta = 100^\circ 27'$ Marignac[24]).

Marignac (l. c. 25 bzw. 453) erhielt das Salz bei 35° und darüber in blaßgrünen Krystallen mit den Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $q\{011\}$; tafelig nach $c$; $q$ ist selten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m' = (110) : (\bar{1}10) =$ | — | *74° 0' |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0) =$ | 67° 8' | 67 12 |
| $c : q = (001) : (011) =$ | 33 21 | 33 0 ca. |
| $c : \sigma' = (001) : (\bar{2}01) =$ | 49 57 | 50 0 ca. |
| $c : m = (001) : (110) =$ | — | *83 44' |
| $c : n = (001) : (210) =$ | 81 19 | 81 20 |
| $\sigma : m = (20\bar{1}) : (110) =$ | 67 30 | 67 24 |
| $\sigma : n = (20\bar{1}) : (210) =$ | — | *58 0 ca. |

### Natriumzinksulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2ZnNa_2 . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,3441 : 1 : 0,7110$; $\beta = 100^\circ 22'$ Miller[35]).

Die von Miller gemessenen Krystalle zeigten die Formen: $m\{110\}$, $n\{210\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$. Scacchi[20]) (l. c. 76) beobachtete noch $q\{011\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ und untersuchte speciell die Vicinalflächen von $m$ und $n$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Miller: | Beobachtet: Scacchi: |
|---|---|---|---|
| $m : m' = (110) : (\bar{1}10) =$ | — | *74° 12' | 73° 45'—75° 14' |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0) =$ | 66° 56' | — | 66 8 —67 44 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *83 47 | — |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | — | *29 54 | — |

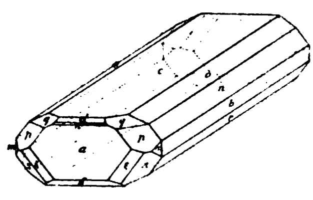
### Kaliummagnesiumsulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2MgK_2 . 4H_2O$
(nat. Leonit).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,0382 : 1 : 1,2335$; $\beta = 95^\circ 10'$ Tenne (nat. Kryst.).

Das Salz krystallisiert aus reiner wässeriger Lösung nur über 92° (unter dieser Temperatur bildet sich das Hexahydrat) und wurde von van der Heide[36]) bei 100° und ebenso von Strandmark[37]) erhalten; Letzterer beobachtete daran die Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $n\{011\}$, $p\{111\}$, $\pi\{11\bar{1}\}$, $m\{120\}$ in derselben Ausbildung, wie an den natürlichen Krystallen, und häufig Durchwachsungszwillinge nach $c\{001\}$.

Fig. 710.



Die Krystalle des in den Steinsalzlagerstätten vorkommenden Leonit zeigen nach Strandmark die Combination (Fig. 710): $c\{001\}$, $o\{013\}$, $n\{011\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $p\{111\}$, $\pi\{11\bar{1}\}$, $\xi\{21\bar{1}\}$, $q\{113\}$, $\delta\{10\bar{2}\}$, $d\{102\}$, $\omega\{101\}$, $m\{120\}$.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 2. Mittellinie nahe senkrecht zu $c\{001\}$.

35) Miller, Philos. Magaz. London 1847—1848, (3) 31, 540.
36) Van der Heide, Ber. d. d. chem. Ges. 1893, 26, 414.
37) Strandmark, Zeitschr. f. Krystall. 1902, 36, 465.

### Kaliummanganosulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2MnK_2.4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0324:1:1,2485; \quad \beta = 95^\circ 0'$ Marignac[24]).

Marignac (l. c. 15 bzw. 445) erhielt dieses Salz aus Lösungen von gewöhnlicher Temperatur in tafelförmigen Krystallen, welche etwas weniger nach der Axe $a$ verlängert waren, als die des Leonit (Fig. 710), und an denen außer $c\{001\}$ ausgebildet waren: $n\{011\}$, $d\{102\}$, $a\{100\}$, $\delta\{10\bar{2}\}$, $\pi\{11\bar{1}\}$ und untergeordnet: $o\{013\}$, $b\{010\}$, $q\{113\}$, $p\{111\}$ und $m\{120\}$; fast immer Zwillinge nach $c\{001\}$, gewöhnlich nur mit dem scheinbar rhombischen Ende $\pi$, $\underline{\pi}$, $\delta$, $\underline{\delta}$ entwickelt. Nach Scacchi[19]) (l. c. 6) krystallisiert das Tetrahydrat bei allen Temperaturen zwischen 0° und 40° bei einem kleinen Überschusse an Manganosulfat in der Lösung; wenn kein Überschuß an Schwefelsäure vorhanden ist, sind sie nach der $a$-Axe stärker verlängert; Scacchi beobachtete die gewöhnliche Zwillingsbildung nach $c\{001\}$ auch in lamellarer Wiederholung und außer den angeführten Formen noch $l\{110\}$ und $\chi\{11\bar{3}\}$. Einige Messungen an einem Präparate von Weltzien und König, welches die Formen $c$, $b$, $n$, $o$, $c$, $d$, $\delta$, $p$ und $\pi$ zeigte, wurden von Schabus[38]) angestellt.

| | Berechnet: | Beobachtet: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Marignac: | Scacchi: | Schabus: |
| $a:c = (100):(001)$ | = 85° 0′ | 85° 0′ | 85° 5′ | 84° 24′ |
| $m:b = (120):(010)$ | = 25 56 | 25 50 | (26 30 ber.) | 26 30 |
| $l:b = (110):(010)$ | = 44 12 | — | (43 43½ » ) | — |
| $n:c = (011):(001)$ | = — | *51 12 | — | 51 0 |
| $o:c = (013):(001)$ | = 22 31 | 22 30 | 22 30 | 22 20 |
| $n:a = (011):(100)$ | = 86 53 | 86 42 | — | — |
| $o:a = (013):(100)$ | = 85 24 | 85 23 | (85 27½ ber.) | — |
| $d:c = (102):(001)$ | = 29 47 | 29 44 | 29 34 | 29 21 |
| $\delta':c = (\bar{1}02):(001)$ | = 32 27 | 32 20 | — | 33 15 |
| $d:m = (102):(120)$ | = 75 34 | 75 35 | — | — |
| $d:n = (102):(011)$ | = 57 3 | 56 54 | — | — |
| $\delta:m = (10\bar{2}):(120)$ | = 78 22 | 78 20 | — | — |
| $\delta:n = (10\bar{2}):(011)$ | = 58 5 | 58 12 | — | — |
| $\pi:\pi = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = — | *79 18 | (79 32 ber.) | — |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001)$ | = — | *62 40 | (62 28 » ) | — |
| $\pi:a = (11\bar{1}):(100)$ | = 54 51 | — | (55 5 » ) | — |
| $p:p = (111):(1\bar{1}1)$ | = 74 30 | — | (74 50 » ) | — |
| $p:c = (111):(001)$ | = 57 27 | 57 35 | (57 22 » ) | — |
| $p:a = (111):(100)$ | = 50 52 | — | (51 9 » ) | — |
| $q:q = (113):(1\bar{1}3)$ | = 40 56 | 40 50 | (41 0 » ) | — |
| $q:c = (113):(001)$ | = 29 8 | 29 7 | (29 2½ » ) | — |
| $q:a = (113):(100)$ | = 65 46 | — | (65 48 » ) | — |
| $\chi:\chi = (11\bar{3}):(1\bar{1}\bar{3})$ | = 43 7 | — | (43 15 » ) | — |
| $\chi':c = (\bar{1}13):(001)$ | = 30 42 | — | (30 44 » ) | — |
| $\chi:a = (11\bar{3}):(100)$ | = 73 38 | — | (73 48 » ) | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ unvollkommen (Marignac).

### Kaliumcadmiumsulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2CdK_2.4H_2O$.

Spec. Gew. 2,523 Wyrouboff[10]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0894:1:1,2365; \quad \beta = 102^\circ 59'$ Wyrouboff[10]).

38) Schabus, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, **29**, 441.

Die Verbindung entsteht nach Wyrouboff (l. c. 236) beim Verdunsten der Lösung zwischen 0° und 16°. Die Krystalle sind nach der Axe *a* verlängerte Tafeln *c*{001}, combiniert mit *p*{111}, $\pi\{11\bar{1}\}$, *b*{010}, *n*{011}, *k*{012}, untergeordnet *a*{100} und $\chi\{11\bar{3}\}$, oder seitlich nur von *b*{010} begrenzt, mit *m*{120}, *a*{100} und kleinen Flächen von *p*{111} und $\pi\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c : a = (001):(100)$ | $= 77°\ 1'$ | $77°\ 4'$ |
| $m : m = (210):(2\bar{1}0)$ | $= 55\ 54$ | 55 46 |
| $p : p = (111):(1\bar{1}1)$ | = — | *71 32 |
| $p : c = (111):(001)$ | = — | *52 30 |
| $\pi : \pi = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = — | *84 12 |
| $\pi' : c = (\bar{1}11):(001)$ | = 65 30 | 65 20 |
| $\chi : \chi = (11\bar{3}):(1\bar{1}\bar{3})$ | = 44 32 | — |
| $\chi' : c = (\bar{1}13):(001)$ | = 30 51 | — |
| $\chi' : b = (\bar{1}13):(010)$ | = 67 50 | 67 50 |
| $n : b = (011):(010)$ | = 39 41 | 39 37 |
| $k : k = (012):(0\bar{1}2)$ | = 62 8 | — |
| $k : n = (011):(012)$ | = 19 15 | 19 8 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene *b*{010}, die 1. Mittellinie bildet mit der *c*-Axe $20\frac{3}{4}°$ im stumpfen Winkel $\beta$, $2E = 43°24'$, Dispersion schwach, $\varrho > v$.

## Kaliummagnesiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2MgK_2 . 6H_2O$

(nat. Pikromerit, Schönit).

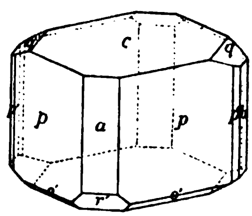
Spec. Gew. 2,029 Gerhart[39]), 2,034 Tutton[40]), 2,024 Topsøe und Christiansen[41]).

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 0,7413 : 1 : 0,4993; \quad \beta = 104°48' \text{ Tutton}^{42)}.$$

Die Existenzbedingungen und Löslichkeitsverhältnisse dieses Salzes bestimmte van der Heide[43]).

Fig. 711.




Die gewöhnliche Combination (s. Fig. 711) zeigt die Formen: *p*{110}, *c*{001}, *a*{100}, *q*{011}, $r'\{20\bar{1}\}$, *b*{010}, $o'\{11\bar{1}\}$, welche bereits von Brooke[44]) und Rammelsberg[28]) beobachtet wurden. Murmann und Rotter[45]) fügten dazu *p'*{120}, welche nach Tutton[42]) nur selten auftritt; auch $o'\{11\bar{1}\}$ und *b*{010} fehlen zuweilen. Nach Gerhart, welche eine Bestimmung der Centraldistanz der verschiedenen Flächen ausführte, besitzen die Krystalle aus reiner Lösung den Habitus Fig. 711, ebenso die aus einer Lösung mit überschüssiger Schwefelsäure, während ein Überschuß von Magnesiumsulfat stärkere Verlängerung nach

39) Hilda Gerhart, Tschermaks min. u. petrogr. Mitt. 1905, **24**, 380. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **44**, 106.

40) Tutton, Transact. Chem. Soc. 1905, **87**, 1160. Zeitschr. f. Krystall. 1906, **41**, 357.

41) Topsøe u. Christiansen, Vidensk. Selsk. Skr. Kopenhagen 1873, (5) **9**, 737. Ann. chim. phys. 1874, (5) **1**, 88. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1874, Erg.-Bd. **6**, 574.

42) Tutton, Transact. Chem. Soc. 1893, **63**, 344. Zeitschr. f. Krystall. 1893, **21**, 494.

43) Van der Heide, Zeitschr. f. physik. Chemie 1893, **12**, 416. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 511. S. auch van 't Hoff, Vorles. üb. Bildung u. Spaltung v. Doppelsalzen, Leipzig 1897.

44) Brooke, Annals of Philos. 1823, **23**, 117.

45) Murmann u. Rotter, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1859, **34**, 142.

der $c$-Axe, Zurücktreten von $q\{011\}$ und $r'\{20\bar{1}\}$ und unter Umständen vollständiges Verschwinden von $b\{010\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$ bewirkt.

Fig. 712.

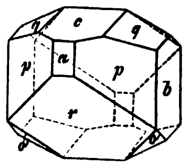
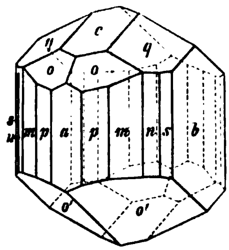


Fig. 713.



In der Natur findet sich das Salz meist nur in krystallinischen Aggregaten, doch wurden auch Krystalle der Combinationen Fig. 712 und 713 beobachtet, an welchen außer den angeführten Formen ($r = r'\{20\bar{1}\}$, $n = p'\{120\}$ in Fig. 711) noch $o\{111\}$, $m\{230\}$ und $s\{130\}$ auftraten.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Brooke: | Murmann u. Rotter: |
|---|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 16′ | 71° 15′ | 71° 17′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 30 | — | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 75 12 | 75 13 | 74 52 | 75 5 |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *78 1 | 77 40 | 77 55 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 48 | 25 30 | 25 6 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 76 42 | 76 42 | — | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63 17 | 63 20 | 63 15 | 63 26 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 24 | 44 21 | — | — |
| $o':a = (11\bar{1}):(100) =$ | 68 51 | 68 53 | — | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 14 | 49 18 | — | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 52 | 63 52 | — | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 86 11 | 86 9 | — | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 31 | 52 30 | — | — |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 6 | 87 12 | — | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 103° 38′ mit der $c$-Axe, 1° 10′ mit der $a$-Axe (letzterer Wert ist für Rot ca. 10′ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4581 | 1,4603 | 1,4727 | 48° 0′ | 72° 43′ |
| *C*: | 1,4585 | 1,4607 | 1,4731 | 47 59 | 72 44 |
| *Na*: | 1,4607 | 1,4629 | 1,4755 | 47 54 | 72 47 |
| *Tl*: | 1,4631 | 1,4652 | 1,4778 | 47 48 | 72 50 |
| *F*: | 1,4658 | 1,4678 | 1,4810 | 47 40 | 72 54 |
| *G*: | 1,4699 | 1,4720 | 1,4853 | — | — |

Die Brechungsindices nehmen um 0,0015—0,0022 ab bei einer Temperaturerhöhung von 20° auf 70°; der Axenwinkel $2E$ beträgt 75° 10′ für *Na* bei 80° C.

Topsøe und Christiansen[41]) bestimmten die Brechungsindices $\alpha$ und $\gamma$ indirect, $\beta$ direct und fanden:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *C*: | $\alpha = 1{,}4582$ | $\beta = 1{,}4610$ | $\gamma = 1{,}4743$ | — | — |
| *D*: | 1,4602 | 1,4633 | 1,4768 | $2V = 48°\ 1'$, | $2E = 73°\ 5'$. |
| *F*: | 1,4649 | 1,4682 | 1,4827 | — | — |

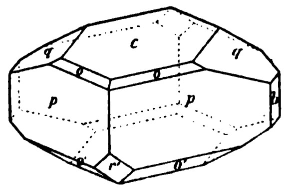
46) Tutton, Trans. Chem. Soc. London 1896, 69, 356. Zeitschr. f. Krystall. 1897, 27, 123.

### Rubidiummagnesiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2MgRb_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,386 Tutton[40]), 2,41 Perrot[47]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7400:1:0,4975;$
$\beta = 105°59'$ Tutton[42]).

Fig. 714.



Perrot[48]) beobachtete an dem schon 1861 von Bunsen (Poggend. Ann. **118**, 351) dargestellten Doppelsalze die Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, etwas weniger häufig und untergeordnet $o'\{11\bar{1}\}$ und $b\{010\}$; nach Tutton (l. c. 347 bzw. 497) kommt dazu noch als seltene Form $o\{111\}$ (s. Fig. 714).

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70°51′ | 70°59′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *77 2 | 77 0 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 35 | 25 31 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 75°37′ | — | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 2 | 64 6 | 64 9 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 37 | 44 42 | 44 40 |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 24 | 49 24 | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 5 | 63 6 | 63 6 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 15 | 87 14 | 87 19 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 42 | 52 40 | 52 42 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 42 | 87 38 | — |
| $o:p = (111):(110) =$ | 42 53 | 42 53 | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 27 2 | 27 6 | — |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 34 40 | 34 44 | — |
| $o':r' = (11\bar{1}):(20\bar{1}) =$ | 35 0 | 35 0 | 34 59 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) (l. c. 362 bzw. 128) im Mittel mit der $c$-Axe einen Winkel von 111°14′, mit der $a$-Axe von 5°15′ (die Werte sind für Blau ungefähr 20′ kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4646 | 1,4664 | 1,4755 | 49° 6′ | 75°15′ |
| *C*: | 1,4650 | 1,4668 | 1,4759 | 49 2 | 75 10 |
| *Na*: | 1,4672 | 1,4689 | 1,4779 | 48 46 | 74 40 |
| *Tl*: | 1,4695 | 1,4713 | 1,4805 | 48 29 | 74 10 |
| *F*: | 1,4724 | 1,4743 | 1,4835 | 48 10 | 73 20 |
| *G*: | 1,4762 | 1,4782 | 1,4876 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung von 20° bis 70° nehmen die Brechungsexponenten um 0,0015 ca. ab; $2E$ ändert sich nicht meßbar.

---

47) Perrot, Dissert. Genf 1890, 41 (Archives des Sciences physiques et naturelles. Génève 1891, **23**).

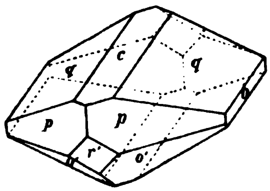
48) Perrot, Archives des Sciences physiques et naturelles. Génève 1891, (3) **25**, 672. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **28**, 320.

Brechungsindices und Axenwinkel nach Perrot[47]:

| | α | β | γ | |
|---|---|---|---|---|
| *a*: | 1,4633 | 1,4653 | 1,4745 | $2E = 76°40'$ (rot). |
| *B*: | 1,4642 | 1,4663 | 1,4752 | |
| *C*: | 1,4648 | 1,4667 | 1,4756 | |
| *D*: | 1,4670 | 1,4690 | 1,4782 | |
| *b*: | 1,4703 | 1,4725 | 1,4815 | |
| *F*: | 1,4721 | 1,4739 | 1,4833 | |
| *G*: | 1,4759 | 1,4777 | 1,4872 | |

### Cäsiummagnesiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2MgCs_2 . 6H_2O$.

Fig. 715.



Spec. Gew. 2,676 Tutton[40]), 2,672 Wulff[13]).
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,7279 : 1 : 0,4946;$

$\beta = 107°6'$ Tutton[42]) (l. c. 349 bzw. 499).

Die prismatisch nach der Axe *a* verlängerten Krystalle zeigen die Formen $q\{011\}$ vorherrschend, dann $c\{001\}$, $b\{010\}$, $p\{110\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $r'\{20\bar{1}\}$ (Fig. 715).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *69° 40′ |
| $p:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *76 2 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | — | *25 17 |
| $q:a$ | $= (011):(100) =$ | 74° 35′ | — |
| $r':c$ | $= (\bar{2}01):(001) =$ | 65 10 | 65 15 |
| $o':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 45 6 | 45 12 |
| $o':q$ | $= (\bar{1}11):(011) =$ | 35 17 | 35 22 |
| $o':o'$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 18 | 49 20 |
| $q:p$ | $= (011):(110) =$ | 62 28 | 62 29 |
| $q:p$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 88 32 | 88 34 |
| $r':p$ | $= (20\bar{1}):(110) =$ | 52 22 | 52 17 |
| $o':p$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 40 | 87 36 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv, Axenebene bei gewöhnlicher Temperatur für Strahlen mit Wellenlänge > 450 $b\{010\}$, für < 450 senkrecht $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet im Mittel 136° 43′ mit der *c*-Axe, 29° 37′ (für *Li*-Licht ungefähr 20′ kleiner als *F*-Licht) mit der *a*-Axe. Brechungsindices und Axenwinkel (2*V* gemessen in Öl von geeigneter Lichtbrechung, Terpentinöl und Toluol) nach Tutton[46]) (l. c. 366 bzw. 131):

| | α | β | γ | 2*V* | 2*E* beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4828 | 1,4830 | 1,4888 | 18° 10′ | 25° 40′ |
| *C*: | 1,4832 | 1,4834 | 1,4892 | 18 0 | 25 15 |
| *Na*: | 1,4857 | 1,4858 | 1,4916 | 16 25 | 22 50 |
| *Tl*: | 1,4880 | 1,4881 | 1,4940 | 14 20 | 19 10 |
| *F*: | 1,4912 | 1,4912 | 1,4970 | 11 15 | 13 20 |
| *G*: | 1,4956 | 1,4957 | 1,5015 | 7 0 | 13 10 |

Bei Temperaturerhöhung von 20° auf 70° werden die Brechungsindices um ungefähr 0,0016 kleiner; 2*E* wird 0° 0′ bei 50° für *F*-Licht, bei 70° für *Tl*-Licht, bei 85° für *Na* und bei 103° für *Li*.

**Ammoniummagnesiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2Mg(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.**

Spec. Gew. 1,723 Tutton[40]) (l. c. 1136 bzw. 332), 1,720 Perrot[47]), 1,720 Topsøe und Christiansen[41]), 1,721 Wulff[13]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7400:1:0,4918$;
$\beta = 107^\circ 6'$ Tutton[40]).

Fig. 716.

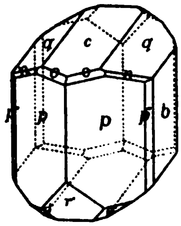
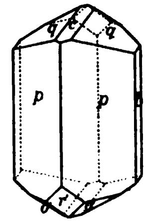



Fig. 717.




Zu den schon von Brooke[44]), Heusser[49]) und Rammelsberg[28]) (l. c. 237) beobachteten Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $p'\{120\}$ fügten Murmann und Rotter[45]) (l. c. 145) noch $p'''\{130\}$ und Tutton[40]) $n\{121\}$ (Fig. 716 und 717) hinzu; Letzterer erwähnt $p'\{120\}$ und die nur von Rammelsberg angeführte Form $r\{201\}$ nicht; auch $r'\{20\bar{1}\}$ ist bisweilen nicht vorhanden, während $o\{111\}$, $p'''\{130\}$, $n\{121\}$ selten sind. Im folgenden sind einige neue Messungen Tuttons (Privatmitt.) benutzt.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Brooke: | Heusser: | Rammelsberg: | Murmann u. Rotter: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | *70° 32′ | 70° 30′ | 70° 16′ | 70° 48′ | 70° 22′ |
| $p':p = (120):(110)$ | = 19° 28′ | — | — | — | 19 13 | 19 33 |
| $p''':p = (130):(110)$ | = 29 29 | 29 26 | — | — | — | 29 57 |
| $p:c = (110):(001)$ | = — | *76 7 | 75 15 | 76 5 | — | 76 6 |
| $q:c = (011):(001)$ | = — | *25 11 | 25 20 | 25 4 | 25 27 | 25 17 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001)$ | = 64 25 | 64 29 | 64 30 | — | 64 36 | 64 47 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ | = 44 31 | — | 44 20 | — | — | — |
| $o':a = (11\bar{1}):(100)$ | = 70 48 | — | — | — | — | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = 49 16 | 49 16 | — | — | — | — |
| $o:c = (111):(001)$ | = 33 29 | 33 32 | — | — | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = 38 18 | 38 18 | — | — | — | — |
| $b:n = (010):(121)$ | = 55 13 | 55 8 | — | — | — | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10)$ | = 88 22 | 88 21 | — | — | — | — |
| $q:p = (011):(110)$ | = 62 26 | 62 26 | — | — | — | — |
| $q:n = (011):(121)$ | = 25 59 | 25 58 | — | — | — | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110)$ | = 53 7 | 53 5 | — | 53 4 | — | 53 9 |
| $r:o' = (20\bar{1}):(11\bar{1})$ | = 35 17 | 35 19 | — | — | — | 35 19 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ sehr vollkommen.

Die Ätzfiguren, mit Wasser hervorgebracht, und die regelmäßigen Figuren durch Zersetzung mit Alkohol sind nach Blasius[50]) vollkommen der monoklin-prismatischen Symmetrie entsprechend.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[40]) 94° 58′ mit der Axe $c$ und 12° 8′ mit der Axe $a$ (letzterer Wert ist für Rot 17′ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

49) Heusser, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1854, **91**, 506.
50) Blasius, Zeitschr. f. Krystall. 1885, **10**, 236.

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4685 | 1,4701 | 1,4756 | 51° 20′ | 79° 16′ |
| *C*: | 1,4689 | 1,4705 | 1,4760 | 51 18 | 79 15 |
| *Na*: | 1,4716 | 1,4730 | 1,4786 | 51 11 | 79 11 |
| *Tl*: | 1,4740 | 1,4755 | 1,4811 | 51 2 | 78 58 |
| *F*: | 1,4771 | 1,4786 | 1,4842 | 50 36 | 78 36 |
| *G*: | 1,4814 | 1,4831 | 1,4888 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung von 20° auf 70° nehmen die Brechungsindices ab um 0,0015—0,0019; $2E$ bei 75° = 71° 40′ (*Li*-Licht) und 70° 10′ (*F*-Licht). Die indirect bestimmten Brechungsindices $\alpha$ und $\gamma$ und der direct bestimmte Wert $\beta$ von Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 735 bzw. 87 und 372) sind:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *C*: | $\alpha$ = 1,4698 | $\beta$ = 1,4707 | $\gamma$ = 1,4751 | — | — |
| *D*: | 1,4719 | 1,4728 | 1,4786 | $2V$ = 50° 40′ | $2E$ = 78° 45′ |
| *F*: | 1,4774 | 1,4787 | 1,4837 | — | — |

### Thalliummagnesiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2MgTl_2 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7422:1:0{,}5002$; $\beta = 106° 24'$ Werther[51]).

Beobachtete Formen: Vorherrschend $c\{001\}$, $p\{110\}$ und $q\{011\}$; ganz untergeordnet und nicht meßbar $r'\{201\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 54′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 42 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 38 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64° 24′ | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 42′ | — |

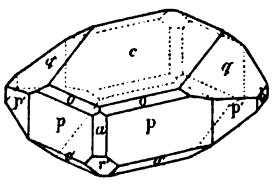
### Rubidiummanganosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2MnRb_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,459 Tutton[46]) (l. c. 399 bzw. 161), 2,49 Perrot[48]) (l. c. 675). Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7382:0{,}4950$; $\beta = 105° 57'$ Tutton[42]).

Nach Perrot[48]) tritt zu den herrschenden Formen $c\{001\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$ in ungefähr gleich großer Ausbildung noch $p\{110\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$, oder die Krystalle sind eine Combination von $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $b\{010\}$ bei tafeliger Ausbildung nach $c$. Von den genannten Formen fand Tutton (l. c. 374 bzw. 523) an kurzprismatischen oder nach $c$ tafeligen Krystallen $r'\{20\bar{1}\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$ immer nur sehr untergeordnet, während als seltene Formen mit kleinen Flächen $b\{010\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$ und $p'\{120\}$ auftreten (Fig. 718).

Fig. 718.



| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 40′ | 70° 51′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 24 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 74 3 | 74 2 | — |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *77 3 | 77 7 |

51) Werther, Journ. f. prakt. Chemie 1864, 92, 135.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25° 30′ | 25° 28′ |
| $q:a = (011):(100) =$ | 75° 38′ | 75 39 | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63 58 | 64 7 | 63 56 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 32 | 44 38 | 44 20 |
| $o':a = (11\bar{1}):(100) =$ | 69 42 | 69 36 | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 10 | 49 19 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 34 6 | 34 11 | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 48 34 | 48 39 | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 20 | 87 20 | 87 23 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 10 | 63 10 | 63 15 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 34 | 87 30 | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 40 | 52 34 | 52 40 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Licht fleischfarbig; Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel einen Winkel von 106° 57′ mit der $c$-Axe und von 1° 0′ mit der $a$-Axe (für Blau sind die Werte um 10′ kleiner als für Rot. Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4741 | 1,4781 | 1,4880 | 67° 10′ | 109° 46′ |
| *C*: | 1,4745 | 1,4785 | 1,4884 | 67 8 | 109 49 |
| *Na*: | 1,4767 | 1,4807 | 1,4907 | 67 5 | 109 57 |
| *Tl*: | 1,4791 | 1,4831 | 1,4933 | 67 1 | 110 7 |
| *F*: | 1,4821 | 1,4860 | 1,4965 | 66 55 | 110 19 |
| *G*: | 1,4864 | 1,4907 | 1,5015 | — | — |

Bei 70° sind die Brechungsindices ungefähr um 0,0018 niedriger und $2E = 110° 50'$ (für *Na*).

Perrot[52]) bestimmte für die Brechungsindices:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | |
|---|---|---|---|---|
| *a*: | $\alpha =$ 1,4725 | $\beta =$ 1,4769 | $\gamma =$ 1,4870 | — |
| *B*: | 1,4733 | 1,4777 | 1,4877 | — |
| *C*: | 1,4741 | 1,4785 | 1,4886 | — |
| *D*: | 1,4764 | 1,4809 | 1,4910 | $2V = 67° 38'$ (in Öl) |
| *b*: | 1,4798 | 1,4846 | 1,4947 | — |
| *F*: | 1,4818 | 1,4864 | 1,4970 | — |
| *G*: | 1,4861 | 1,4903 | 1,5015 | — |

**Cäsiummanganosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2MnCs_2 \cdot 6H_2O$.**

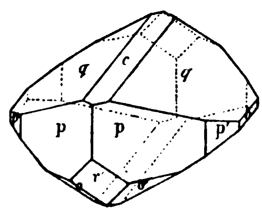
Spec. Gew. 2,738 Tutton[46]) (l. c. 403 bzw. 165).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7274:1:0{,}4913$; $\beta = 107° 7'$ Tutton[42]).

Unter den von Tutton (l. c. 376 bzw. 525) beobachteten Formen herrschen $q\{011\}$ und $p\{110\}$ vor, deren gegenseitige Größenausbildung drei Hauptarten des Habitus bedingt; $r\{20\bar{1}\}$ und $p'\{120\}$ erlangen auch oft beträchtliche Größe, während $c\{001\}$, $b\{010\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$ und selten noch $o\{111\}$ meist nur mit schmalen Flächen auftreten (Fig. 719).

Fig. 719.




52) Perrot, Archives des Sciences physiques et naturelles. Génève 1893, **29**, 46. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 317.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *69° 42′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 24 |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 1 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 11 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 55 | 65 4 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 51 | 45 3 |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 35 5 | 35 14 |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 6 | 49 10 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 88 36 | 88 36 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 62 30 | 62 28 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 47 | 87 42 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 33 | 52 28 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Licht fleischfarbig. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) 115° 27′ mit der $c$-Axe und 8° 20′ mit der $a$-Axe (für Blau sind die Werte ungefähr 15′ kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4918 | 1,4936 | 1,4995 | 60° 10′ | 97° 22′ |
| *C*: | 1,4922 | 1,4940 | 1,4999 | 60 7 | 97 18 |
| *Na*: | 1,4946 | 1,4966 | 1,5025 | 59 57 | 96 57 |
| *Tl*: | 1,4972 | 1,4991 | 1,5051 | 59 46 | 96 33 |
| *F*: | 1,5003 | 1,5022 | 1,5083 | 59 28 | 96 0 |
| *G*: | 1,5046 | 1,5066 | 1,5129 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung auf 70° werden die Brechungsindices um 0,0018 niedriger; $2E = 94°35'$ für *Na* bei 70°.

### Ammoniummanganosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2Mn(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 1,825 Schroeder[53]),
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7360:1:0{,}4972;\quad \beta = 107°2'$ Murmann und Rotter[45]).

Abgesehen von einigen Messungen Grailichs[54]) haben Murmann und Rotter (l. c. 148) und Scacchi[19]) (l. c. 3) das Salz untersucht und die Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $p'\{120\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $p'''\{130\}$ und $o\{111\}$ beobachtet; nach Murmann und Rotter, welche außerdem $n'\{12\bar{1}\}$ an einem Krystalle ganz untergeordnet fanden, sind die Krystalle entweder nach der $c$-Axe oder bei Vorherrschen von $c\{001\}$ und $r'\{20\bar{1}\}$ nach der $b$-Axe verlängert.

| | Berechnet: | Beobachtet: Murmann u. Rotter: | Scacchi: | Grailich: |
|---|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 16′ | 70° 32′ | 70° 35′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 18 53 | (19 27 ber.) | — |
| $p''':p = (130):(110) =$ | 29 31 | 29 22 | (29 17½ » ) | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *72 58 | (73 16 » ) | 71 42 |
| $a:r' = (100):(20\bar{1}) =$ | — | *42 6 | (42 32 » ) | — |
| $p:c = (110):(001) =$ | 76 8 | — | 76 24 | — |

53) Schröder, Journ. f. prakt. Chemie 1879, (2) 19, 266.

54) Grailich, Krystallogr.-optische Untersuchungen, Preisschr. Wien 1858, 140.

| | Berechnet: | Beobachtet: Murmann u. Rotter: | Scacchi: | Grailich: |
|---|---|---|---|---|
| $q:c = (011):(001)$ | $= 25°26'$ | 24°35' | 25°13' | 24°55' |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ | $= 45\ \ 0$ | — | (44 33 ber.) | — |
| $o':a = (11\bar{1}):(100)$ | $= 70\ \ 17$ | — | (70 32 ») | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | $= 49\ \ 33$ | — | (49 35 ») | — |
| $o:c = (111):(001)$ | $= 33\ \ 48$ | — | (33 43 ») | — |
| $o:a = (111):(100)$ | $= 47\ \ 47$ | — | (48 16 ») | — |
| $q:a = (011):(100)$ | $= 74\ \ 40$ | — | (74 54 ») | — |
| $n':a = (12\bar{1}):(100)$ | $= 73\ \ 31$ | — | — | — |
| $q:p = (011):(110)$ | $= 62\ \ 23$ | — | — | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10)$ | $= 88\ \ 14$ | — | — | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110)$ | $= 52\ \ 38$ | 52 22 | (53 1 ) | — |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | $= 88\ \ 13$ | 88 0 | — | — |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 98°36′ mit der $c$-Axe und 8°26′ mit der $a$-Axe; $2E = 114°45'$; $2V = 69°9'$; $\beta = 1{,}482$ (rot), 1,484 (gelb) und 1,485 (grün) (Murmann und Rotter).

### Kaliumferrosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2FeK_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,169 Tutton[46]) (l. c. 387 bzw. 150), 2,189 Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 741 bzw. 90, bzw. 575).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7377:1:0{,}5020;\quad \beta = 104°32'$$ Tutton[42]).

Zu der zuerst von Marignac[21]) (l. c. 19 bzw. 448) beschriebenen Combination von $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $o'\{11\bar{1}\}$ (Fig. 720) fügten

Fig. 720.

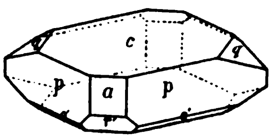
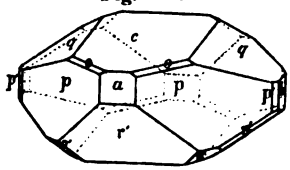



Fig. 721.




Murmann und Rotter[45]) (l. c. 151) noch $p'\{120\}$ und $n\{12\bar{1}\}$; letztere, ebenso wie die weiteren Formen $b\{010\}$ und $o\{111\}$ (Fig. 721) fanden sich nach Tutton (l. c. 365 bzw. 513) seltener und untergeordnet.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Marignac: | Murmann u. Rotter: |
|---|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | *71°12′ | 70°54′ | 72° 7′ |
| $p':p = (120):(110)$ | = 19°28′ | 19 28 | — | 19 25 |
| $a:c = (100):(001)$ | = 75 28 | 75 28 | 75 27 | 75 44 |
| $p:c = (110):(001)$ | = — | *78 13 | 78 18 | 77 38 |
| $q:c = (011):(001)$ | = — | *25 56 | 26 0 | 26 48 |
| $q:a = (011):(100)$ | = 76 58 | 76 58 | 77 7 | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001)$ | = 63 21 | 63 20 | 63 24 | 63 19 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ | = 44 34 | 44 35 | 44 40 | 44 7 |
| $o':a = (11\bar{1}):(100)$ | = 68 27 | 68 29 | — | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = 49 20 | 49 28 | 49 20 | — |
| $o:c = (111):(001)$ | = 34 56 | — | — | — |
| $o:a = (111):(100)$ | = 49 21 | — | — | — |
| $n':b = (12\bar{1}):(010)$ | = 47 26 | 47 23 | — | — |

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Marignac: | Murmann u. Rotter: |
|---|---|---|---|---|
| $q:p$ | $=(011):(110)=64^\circ\ 1'$ | $64^\circ\ 3'$ | — | — |
| $q:n'$ | $=(011):(\bar{1}21)=35\ 24$ | 35 22 | — | — |
| $q:p$ | $=(011):(\bar{1}10)=85\ 55$ | 85 55 | — | — |
| $r':p$ | $=(20\bar{1}):(110)=52\ 16$ | 52 16 | $52^\circ 20'$ | $53^\circ 29'$ |
| $o':p$ | $=(11\bar{1}):(1\bar{1}0)=86\ 48$ | 86 53 | — | 87 13 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel einen Winkel von $101^\circ 57'$ mit der $c$-Axe und von $2^\circ 35'$ mit der $a$-Axe (letzterer Wert ist für Rot um $10'$ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4731 | 1,4795 | 1,4941 | $67^\circ\ 1'$ | $109^\circ 37'$ |
| *C*: | 1,4735 | 1,4799 | 1,4945 | 67 2 | 109 41 |
| *Na*: | 1,4759 | 1,4821 | 1,4969 | 67 7 | 110 10 |
| *Tl*: | 1,4782 | 1,4847 | 1,4995 | 67 12 | 110 35 |
| *F*: | 1,4811 | 1,4877 | 1,5028 | 67 19 | 111 5 |
| *G*: | 1,4852 | 1,4920 | 1,5071 | — | — |

Bei $55^\circ$ sind die Brechungsindices ungefähr um 0,0010 kleiner und $2E$ bei $70^\circ$ um ca. $2^\circ$ größer.

Topsøe und Christiansen[41]) fanden für $\beta$ direct und für $\alpha$ und $\gamma$ indirect:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *C*: | $\alpha=1,4751$ | $\beta=1,4806$ | $\gamma=1,4947$ | — | — |
| *D*: | 1,4775 | 1,4832 | 1,4973 | $2V=67^\circ 18'$, | $2E=110^\circ 32'$ |
| *F*: | 1,4833 | 1,4890 | 1,5041 | — | — |

**Rubidiumferrosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2FeRb_2 \cdot 6H_2O$.**

Spec. Gew. 2,516 Tutton[46]) (l. c. 391 bzw. 154), 2,51 Perrot[52]) (l. c. 49).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c=0,7377:1:0,5004;\quad \beta=105^\circ 44'$$ Tutton[42]).

Die von Perrot[48]) (l. c. 676) beschriebenen Krystalle zeigten entweder eine Combination der herrschenden Formen $r'\{20\bar{1}\}$ und $c\{001\}$, denen gegenüber $p\{110\}$, $o'\{11\bar{1}\}$ und insbesondere $q\{011\}$ mehr zurücktreten, oder nur die einfache Combination $r'\{20\bar{1}\}$, $p\{110\}$ und $c\{001\}$ in ungefähr gleicher Größe.

Fig. 722.

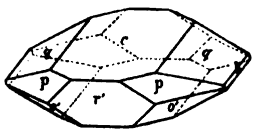
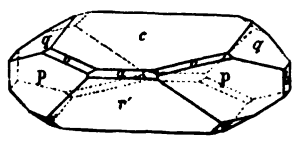



Fig. 723.




Tutton (l. c. 367 bzw. 516) beobachtete vorwiegend nach $c\{001\}$ tafelige Krystalle, welche außer allen schon genannten Formen untergeordnet und mehr oder minder selten noch $b\{010\}$ (Fig. 722), $o\{111\}$ und $a\{100\}$ (Fig. 723) zeigten.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $=(110):(1\bar{1}0)=$ — | $^*70^\circ 46'$ | $70^\circ 42'$ |
| $a:c$ | $=(100):(001)=74^\circ 16'$ | 74 15 | — |
| $p:c$ | $=(110):(001)=$ — | $^*77\ 14$ | 77 27 |

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25° 43′ | 25° 30′ |
| $q:a = (011):(100) =$ | 75° 52′ | — | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 8 | 64 9 | 64 8 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 49 | 44 45 | 44 40 |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 34 51 | 34 48 | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 30 | 49 31 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 34 26 | 34 27 | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 27 17 | 27 7 | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 14 | 63 15 | 63 26 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 1 | 87 1 | 86 57 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 26 | 52 25 | 52 30 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 23 | 87 26 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe schwach grün. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) 107° 9′ mit der $c$-Axe und 1° 25′ mit der $a$-Axe (für Blau sind die Werte 10′ kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4789 | 1,4847 | 1,4949 | 73° 24′ | 124° 42′ |
| *C*: | 1,4793 | 1,4851 | 1,4953 | 73 23 | 124 49 |
| *Na*: | 1,4815 | 1,4874 | 1,4977 | 73 21 | 125 12 |
| *Tl*: | 1,4839 | 1,4898 | 1,5003 | 73 18 | 125 41 |
| *F*: | 1,4870 | 1,4929 | 1,5034 | 73 13 | 126 16 |
| *G*: | 1,4916 | 1,4973 | 1,5080 | — | — |

Bei 60° sind die Werte für die Brechungindices um 0,0014 niedriger; bei 70° $2E = 126° 0'$ für *Na*.

Perrot[52]) (l. c. 49) fand für die Brechungsindices:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| *a*: | $\alpha =$ 1,4772 | $\beta =$ 1,4830 | $\gamma =$ 1,4934 |
| *B*: | 1,4780 | 1,4836 | 1,4942 |
| *C*: | 1,4791 | 1,4847 | 1,4953 |
| *D*: | 1,4812 | 1,4870 | 1,4978 |
| *b*: | 1,4849 | 1,4907 | 1,5016 |
| *F*: | 1,4868 | 1,4926 | 1,5036 |
| *G*: | 1,4917 | 1,4978 | 1,5088 |

### Cäsiumferrosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2FeCs_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,791 Tutton[46]) (l. c. 396 bzw. 158).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7261:1:0,4953$; $\beta = 106° 52'$ Tutton[42]) (l. c. 369 bzw. 519).

Vorherrschende Form ist immer $q\{011\}$; an den Enden der so entstehenden kurzen Prismen finden sich immer in wechselnder Größe $p\{110\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $o\{11\bar{1}\}$, während $c\{001\}$ und $b\{010\}$ meist nur sehr schmale Flächen zeigen (Fig. 724 und 725).

Fig. 724.

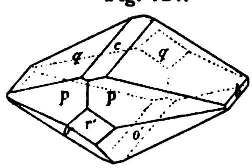
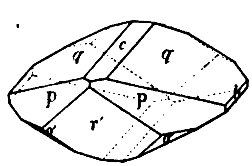



Fig. 725.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *69° 37′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 13 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 21 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 65° 8′ | 65 12 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 45 9 | 45 14 |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 16 | 49 18 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 62 38 | 62 38 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 88 20 | 88 18 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 13 | 52 11 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 26 | 87 22 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe schwach grün. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 118° 17′ mit der $c$-Axe und 11° 25′ mit der $a$-Axe (diese Werte sind um ein Geringes für Blau kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton[46]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4976 | 1,5007 | 1,5065 | 75° 2′ | — |
| *C*: | 1,4980 | 1,5011 | 1,5069 | 75 0 | — |
| *Na*: | 1,5003 | 1,5035 | 1,5094 | 74 51 | 132° 47′ |
| *Tl*: | 1,5028 | 1,5061 | 1,5121 | 74 42 | — |
| *F*: | 1,5061 | 1,5093 | 1,5153 | 74 31 | — |
| *G*: | 1,5105 | 1,5137 | 1,5198 | — | — |

Durch Temperaturerhöhung auf 70° werden die Brechungsindices um 0,0017 kleiner; $2E = 131°20'$ für *Na* bei 70°.

## Ammoniumferrosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2Fe(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$
### (Mohrsches Salz).

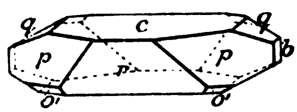
Spec. Gew. 1,81—1,89 nach älteren Bestimmungen.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7466:1:0{,}4950$; $\beta = 106°48'$ Murmann und Rotter[45]).

Kopp[55]) hat zuerst einige Messungen angestellt. Murmann und Rotter (l. c. 153) beobachteten $c\{001\}$, $r'\{20\bar{1}\}$ und $m\{110\}$ in vorherrschender Ausbildung und mehr oder minder zurücktretend $q\{011\}$, $o'\{11\bar{1}\}$ und $b\{010\}$ (Fig. 726); zum Teil waren die Krystalle dünntafelig nach $r'\{20\bar{1}\}$ und zugleich verlängert nach der Kante $[20\bar{1}:1\bar{1}0]$. Die parallelen Fortwachsungen des Salzes auf den Krystallen der damit isomorphen Körper beschrieb Hauer[56]). Die Wachstumsgeschwindigkeit der verschiedenen Krystallflächen läßt nach G. Wulff[12]) (l. c. 486) bedeutende Unterschiede erkennen; von $b\{010\}$, welches sich nicht bildete, abgesehen, ist die Wachstumsgeschwindigkeit am kleinsten bei $r'\{20\bar{1}\}$, am größten (etwa dreimal so groß) bei $q\{011\}$. Nach St. Meyer (Sitz. Akad. Wien 1899, **108** (IIa), 513; Zeitschr. f. Kryst. 35, 207) stellt sich bei der Krystallisation im Magnetfelde die Axe $a$ den Kraftlinien parallel.

Fig. 726.




---

55) Kopp in Rammelsberg, Handb. d. krystall.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 460.

56) K. v. Hauer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1860, **39**, 611.

| | Berechnet: | Beobachtet: Murmann u. Rotter: | Kopp: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 7′ | 71° 30′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 73° 12′ | — | 73 12 |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 24 | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | 25 21 | 25 16 | 25 21 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | — | *64 5 | — |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 25 | 44 23 | — |
| $o':a = (11\bar{1}):(100) =$ | 70 43 | — | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 30 | — | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | 62 31 | — | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 54 | — | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 53 18 | — | — |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 88 33 | — | — |

Die Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ ist nach Wulff unvollkommen.

Die mit Wasser hervorgebrachten Ätzfiguren entsprechen nach Baumhauer[57]) der monoklin prismatischen Symmetrie.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Murmann und Rotter[45]) 99° 43′ mit der $c$-Axe und 7° 5′ mit der $a$-Axe. $\beta = 1,487$ (rot), $= 1,490$ (gelb), $= 1,492$ (grün); $2E = 135°42'$; $2V = 76°52'$; $\varrho < v$.

## Thalliumferrosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2FeTl_2 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7366:1:0,4964$; $\beta = 105°52'$ Werther[51]) (l. c. 134).

Die Krystalle zeigen gewöhnlich herrschend $r'\{20\bar{1}\}$ und dazu noch $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, alle in ungefähr gleicher Größe, und mehr untergeordnet $b\{010\}$; $a\{100\}$ wurde nur vereinzelt beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 38′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *77 7 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 31½ |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 65° 25′ | 64 15 |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 48 50 | 49 13 |

Farbe blaßgrün.

## Kaliumnickelsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2NiK_2 \cdot 6H_2O$.

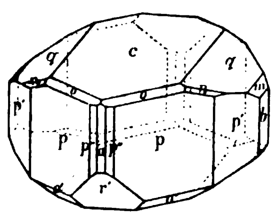
Spec. Gew. 2,233 Tutton[46]) (l. c. 407 bzw. 169).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7379:1:0,5020$;

$\beta = 105°0'$ Tutton[42]).

Fig. 727.



Zu den von Brooke[58]), Rammelsberg[28]) (l. c. 242), Murmann und Rotter[45]) (l. c. 156) beobachteten Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $p'\{120\}$, $o'\{11\bar{1}\}$ und $b\{010\}$ fügt Tutton (l. c. 380 bzw. 529) noch als sehr untergeordnet: $a\{100\}$, $o\{111\}$, $n\{121\}$, $p''\{210\}$, $m\{021\}$ (Fig. 727) und $v\{11\bar{2}\}$.

57) Baumhauer, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1873, **150**, 619.

58) Brooke, Annals of Philos. 1824, **22**, 438.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Murmann u. Rotter: | Brooke: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0)$ | — | *70° 58′ | 70° 55′ | 70° 50′ | 70° 40′ |
| $p':p = (120):(110)$ | 19° 28′ | 19 28 | — | — | 20 10ca. |
| $p'':p = (210):(110)$ | 15 52 | 15 56 | — | — | — |
| $a:c = (100):(001)$ | 75 0 | 74 54 | — | — | — |
| $p:c = (110):(001)$ | — | *77 50 | 77 47 | 77 45 | 78 32 |
| $q:c = (011):(001)$ | — | *25 52 | 25 37 | 25 28 | — |
| $q:a = (011):(100)$ | 76 32 | 76 32 | — | — | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001)$ | 63 44 | 63 51 | — | 63 43 | 63 43 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ | 44 44 | 44 49 | — | — | — |
| $o':a = (11\bar{1}):(100)$ | 68 42 | 68 41 | — | — | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | 49 26 | 49 32 | — | — | — |
| $o:c = (111):(001)$ | 34 46 | 34 47 | — | — | — |
| $o:a = (111):(100)$ | 48 59 | 49 6 | — | — | — |
| $v:c = (\bar{1}12):(001)$ | 24 7 | 24 10 | — | — | — |
| $q:p = (011):(110)$ | 63 43 | 63 40 | — | — | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10)$ | 86 22 | 86 23 | — | — | — |
| $q:n = (011):(121)$ | 26 50 | 26 43 | — | — | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110)$ | 52 16 | 52 13 | — | — | — |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | 86 59 | 86 59 | — | — | — |
| $v:q = (\bar{1}12):(011)$ | 22 1 | 22 2 | — | — | — |
| $m:p = (021):(110)$ | 56 16 | 56 15 | — | — | — |
| $r':o' = (20\bar{1}):(11\bar{1})$ | 34 43 | 34 46 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Durch Einwirkung von Wasser entstehen nach Baumhauer[57]) auf $c\{001\}$ strichförmige Ätzfiguren parallel der $a$-Axe, auf $p\{110\}$ Rhomboïde ‖ den Kanten $p:p$ und $p:q$, auf $r'\{20\bar{1}\}$ symmetrische und auf $q\{011\}$ unsymmetrische Dreiecke.

Farbe grün. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 98° 42′ mit der $c$-Axe und 6° 18′ mit der $a$-Axe (letzterer Wert ist für Rot 10′ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4809 | 1,4889 | 1,5022 | 75° 21′ | 130° 18′ |
| *C*: | 1,4813 | 1,4893 | 1,5026 | 75 19 | 130 23 |
| *Na*: | 1,4836 | 1,4916 | 1,5051 | 75 16 | 130 57 |
| *Tl*: | 1,4860 | 1,4941 | 1,5077 | 75 13 | 131 34 |
| *F*: | 1,4889 | 1,4972 | 1,5109 | 75 9 | 132 22 |
| *G*: | 1,4933 | 1,5015 | 1,5153 | — | — |

Bei 70° sind die Brechungsindices um 0,0012 niedriger und $2E = 133° 25'$ für *Na*.

### Rubidiumnickelsulfat-Hexahydrat $= (SO_4)_2NiRb_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,583 Tutton[46]) (l. c. 411 bzw. 173), 2,56 Perrot[52]) (l. c. 18). Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,7350:1:0,5022; \quad \beta = 106° 3' \text{ Tutton}^{42)}.$$

Perrot[48]) (l. c. 674) beschrieb vorwiegend Krystalle, welche herrschend $c\{001\}$, ferner $p\{110\}$, $q\{011\}$ und untergeordnet $r'\{20\bar{1}\}$ und $b\{010\}$ zeigten. Nach Tutton (l. c. 382 bzw. 532) tritt dazu gewöhnlich noch mit schmalen

Flächen $o'\{11\bar{1}\}$ (Fig. 728) und ganz selten $p'\{120\}$. Fig. 729 stellt nach Tutton eine zweite häufige Ausbildungsweise dar, dadurch hervorgerufen, daß die Krystalle nach einer Kante $[110:001]$ stark verlängert sind.

Fig. 728.

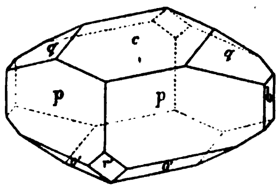
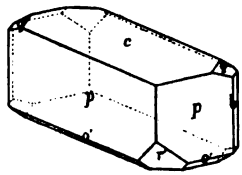



Fig. 729.




| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *70° 34′ | 70° 40′ |
| $p:c = (110):(001)$ = | — | *76 57 | 76 52 |
| $q:c = (011):(001)$ = | — | *25 44 | 25 27 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001)$ = | 64° 36′ | 64 34 | 64 36 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ = | 45 6 | 45 2 | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ = | 49 38 | 49 34 | — |
| $o':q = (\bar{1}11):(011)$ = | 35 5 | 35 2 | — |
| $q:p = (011):(110)$ = | 63 0 | 62 59 | 63 19 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10)$ = | 87 17 | 87 17 | 87 25 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110)$ = | 52 16 | 52 19 | 52 25 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0)$ = | 87 22 | 87 27 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe grün. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 102° 38′ mit der $c$-Axe und 3° 25′ mit der $a$-Axe (letzterer Wert ist für Rot um 10′ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4868 | 1,4933 | 1,5023 | 82° 5′ | — |
| *C*: | 1,4872 | 1,4937 | 1,5027 | 82 4 | 156° 3′ |
| *Na*: | 1,4895 | 1,4961 | 1,5052 | 82 0 | 157 0 |
| *Tl*: | 1,4920 | 1,4987 | 1,5078 | 81 56 | 158 5 |
| *F*: | 1,4949 | 1,5017 | 1,5110 | 81 48 | — |
| *G*: | 1,4996 | 1,5062 | 1,5156 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung um 50° sind die Brechungsindices um 0,0015 kleiner, $2E$ dagegen um $1\frac{1}{2}$° größer.

Perrot[52]) fand für die Brechungsindices:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| *a*: | 1,4861 | 1,4927 | 1,5017 |
| *B*: | 1,4865 | 1,4934 | 1,5025 |
| *C*: | 1,4874 | 1,4943 | 1,5033 |
| *D*: | 1,4896 | 1,4967 | 1,5058 |
| *b*: | 1,4932 | 1,5001 | 1,5096 |
| *F*: | 1,4951 | 1,5022 | 1,5118 |
| *G*: | 1,4996 | 1,5066 | 1,5165 |

### Cäsiumnickelsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2NiCs_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,865 Tutton[46]) (l. c. 415 bzw. 177).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7270 : 1 : 0{,}4984; \quad \beta = 107^\circ 2'$ Tutton[42]).

Fig. 730.

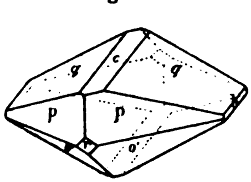
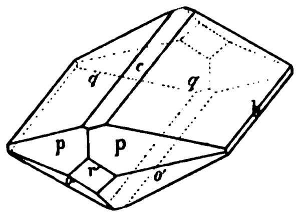


Fig. 731.



Nach Tutton (l. c. 384 bzw. 534) Krystalle von mehr oder minder prismatischem Habitus durch Vorherrschen von $q\{011\}$; an den Enden mit $p\{110\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$ in ungefähr gleich großer Ausbildung, während $c\{001\}$ und $b\{010\}$ nur schmale Flächen bilden; $r'\{20\bar{1}\}$ ist sehr untergeordnet und fehlt oft ganz (Fig. 730 und 731).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *69° 36' |
| $p:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *76 5 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | — | *25 28 |
| $r':c$ | $= (\bar{2}01):(001) =$ | 65° 28' | 65 26 |
| $o':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 45 24 | 45 24 |
| $o':o'$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 30 | 49 25 |
| $o':q$ | $= (\bar{1}11):(011) =$ | 35 31 | 35 32 |
| $q:p$ | $= (011):(110) =$ | 62 27 | 62 30 |
| $q:p$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 88 23 | 88 21 |
| $r':p$ | $= (20\bar{1}):(110) =$ | 52 6 | 52 4 |
| $o':p$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 28 | 87 23 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe hellgrün. Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 24° 7' mit der $c$-Axe und 82° 55' mit der $a$-Axe (ersterer Wert ist für Blau um 15' kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) |
|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5061 | 1,5100 | 1,5133 | 87° 15' |
| *C*: | 1,5065 | 1,5104 | 1,5137 | 87 17 |
| *Na*: | 1,5087 | 1,5129 | 1,5162 | 87 21 |
| *Tl*: | 1,5112 | 1,5154 | 1,5189 | 87 29 |
| *F*: | 1,5146 | 1,5187 | 1,5221 | 87 40 |
| *G*: | 1,5192 | 1,5235 | 1,5266 | — |

Bei Temperaturerhöhung auf 70° sind die Brechungsindices um 0,0016 niedriger.

### Ammoniumnickelsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2Ni(NH_4)_2 . H_2O$.

Spec. Gew. 1,92 Perrot[47]) (l. c. 47).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7370 : 1 : 0{,}5032; \quad \beta = 107^\circ 4'$ Murmann und Rotter[45]).

Zuerst hat Marignac[59]) Krystalle von nicht sehr guter Ausbildung gemessen. Murmann und Rotter (l. c. 158) beobachteten an kurzprismatischen oder tafeligen Krystallen die Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$ und seltener $p'\{120\}$.

59) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, **14**, 247. Oeuvres **1**, 392.

| | Berechnet: | Beobachtet: Murmann u. Rotter: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70°20′ | 70°40′ |
| $p:o' = (110):(11\bar{1}) =$ | — | *58 29 | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | 25°41′ | 25 37 | 25 10 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 65 21 | — | 64 0 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 45 24 | 45 4 | 44 0 |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 59 | — | 50 30 |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 35 20 | — | 32 30 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 62 14 | — | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 88 6 | — | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | — | *52 24 | 52 30 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 56 | — | — |

Ätzfiguren ähnlich denen des Kaliumsalzes (S. 522).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet nach Murmann und Rotter 96°6′ mit der $c$-Axe und 10°58′ mit der $a$-Axe. Axenwinkel in Öl = 88°45′; $\varrho < v$. Für mittlere Strahlen ist $\alpha = 1{,}489$, $\beta = 1{,}498$, $\gamma = 1{,}508$; $2V = 86°26'$.

Farbe bläulich smaragdgrün. Absorption ($\mathfrak{c} = \mathfrak{b}$) > $\mathfrak{a}$.

### Thalliumnickelsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2NiTl_2 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7431:1:0{,}4988$; $\beta = 106°39'$ Werther[51]).

Werther (l. c. 132) beobachtete die Formen: $p\{110\}$ und $c\{001\}$ vorherrschend; mehr untergeordnet $q\{011\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, selten $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70°54′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 30 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | 25 32½ |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64°27′ | 64 46 |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 55 | 49 42 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 38 52 | 38 47 |

Farbe grün.

### Kaliumkobaltosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2CoK_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,212 Tutton[46]) (l. c. 420 bzw. 180).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7404:1:0{,}5037$; $\beta = 104°55'$ Tutton[42]).

Murmann und Rotter[45]) (l. c. 161) haben zuerst Krystalle von schlechter Flächenbeschaffenheit gemessen und daran die Formen $c\{001\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $p\{110\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $p'\{120\}$, $o\{111\}$ beobachtet. Letztere Form hat Tutton (l. c. 388 bzw. 538) nicht gefunden; der Habitus der von ihm gemessenen Krystalle war bedingt durch das Vorherschen von $c\{001\}$ und $p\{110\}$, während die übrigen Formen nur untergeordnet, $o'\{111\}$ und $p'\{120\}$ außerdem nur selten auftraten (Fig. 732). $r'\{20\bar{1}\}$ erlangte bisweilen auch größere Ausdehnung (Fig. 733).

Fig. 732.

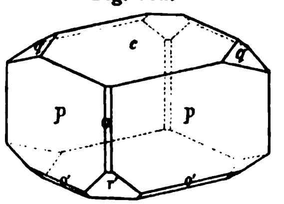
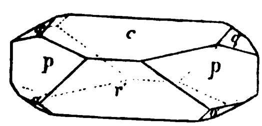



Fig. 733.



| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Murmann u. Rotter: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 14′ | 70° 39′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 23 | 19 40 |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *77 55 | 77 20 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 55 | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63 38 | 63 37 | — |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 43 | 44 44 | — |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 34 41 | 34 42 | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 34 | 49 30 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 34 50 | — | 33 30 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 43 | 63 44 | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 86 12 | 86 12 | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 21 | 52 21 | — |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 5 | 87 2 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 100° 5′ mit der $c$-Axe und 4° 50′ mit der $a$-Axe (letzterer Wert ist für Rot um 10′ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4780 | 1,4838 | 1,4973 | 68° 38′ | 113° 56′ |
| *C*: | 1,4784 | 1,4842 | 1,4977 | 68 39 | 114 0 |
| *Na*: | 1,4807 | 1,4865 | 1,5004 | 68 41 | 114 25 |
| *Tl*: | 1,4830 | 1,4889 | 1,5028 | 68 44 | 114 56 |
| *F*: | 1,4861 | 1,4919 | 1,5059 | 68 48 | 115 40 |
| *G*: | 1,4904 | 1,4961 | 1,5105 | — | — |

Bei 70° sind die Brechungsindices um 0,0020 niedriger, $2E$ ungefähr um 2° 15′ größer.

Pleochroïsmus stark: 𝔞 violettrot, 𝔟 weingelb, 𝔠 gelblichrosa nach Sénarmont[15]) (l. c. 425 bzw. 65). Genaue Messungen der Absorption führte Ehlers[60]) aus.

### Rubidiumkobaltosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2CoRb_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,557 Tutton[46]) (l. c. 424 bzw. 184), 2,56 Perrot[52]) (l. c. 14).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7391:1:0{,}5011; \quad \beta = 106°1' \text{ Tutton}^{42)}.$$

Fig. 734.

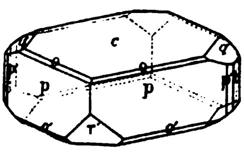
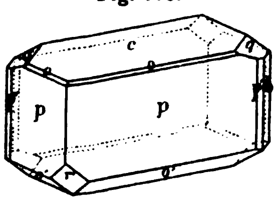



Fig. 735.




Zu den von Perrot[48]) (l. c. 673) beobachteten Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $o'\{11\bar{1}\}$ und $b\{010\}$ fügte Tutton (l. c. 390 bzw. 540) noch als gelegentlich auftretend $o\{111\}$, $p'\{120\}$ (Fig. 734 und 735) und $v\{11\bar{2}\}$.

60) Ehlers, N. Jahrb. f. Min. usw. 1897—98, Beil.-Bd. 11, 305. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 31, 604.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | *70° 42′ | 70° 46′ |
| $p':p = (120):(110)$ | = 19° 28′ | 19 24 | — |
| $p:c = (110):(001)$ | = — | *77 0 | 76 59 |
| $q:c = (011):(001)$ | = — | *25 43 | 25 26 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001)$ | = 64 24 | 64 19 | 64 9 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ | = 44 57 | 44 56 | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = 49 36 | 49 34 | — |
| $o':q = (\bar{1}11):(011)$ | = 34 59 | 34 56 | — |
| $o:c = (111):(001)$ | = 34 20 | 34 22 | — |
| $q:p = (011):(110)$ | = 63 0 | 63 0 | 63 13 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10)$ | = 87 14 | 87 14 | 87 25 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110)$ | = 52 26 | 52 27 | 52 35 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | = 87 30 | 87 31 | — |
| $v:q = (\bar{1}12):(011)$ | = 21 55 | 21 50 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe rötlichbraun bis rubinrot. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 106° 1′ mit der $c$-Axe und 0° mit der $a$-Axe. Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4833 | 1,4889 | 1,4985 | 75° 15′ | 129° 46′ |
| *C*: | 1,4837 | 1,4893 | 1,4989 | 75 14 | 129 51 |
| *Na*: | 1,4859 | 1,4916 | 1,5014 | 75 11 | 130 10 |
| *Tl*: | 1,4882 | 1,4940 | 1,5038 | 75 8 | 130 29 |
| *F*: | 1,4910 | 1,4968 | 1,5068 | 75 3 | 130 55 |
| *G*: | 1,4954 | 1,5011 | 1,5114 | — | — |

Bei Temperatursteigerung auf 70° werden die Brechungsindices um 0,0016 kleiner, $2E$ dagegen um 2° größer.

Brechungsindices nach Perrot[52]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| *a*: | $\alpha$ = 1,4821 | $\beta$ = 1,4873 | $\gamma$ = 1,4969 |
| *B*: | 1,4827 | 1,4883 | 1,4978 |
| *C*: | 1,4834 | 1,4890 | 1,4985 |
| *D*: | 1,4860 | 1,4917 | 1,5012 |
| *b*: | 1,4892 | 1,4953 | 1,5048 |
| *F*: | 1,4912 | 1,4971 | 1,5070 |
| *G*: | 1,4951 | 1,5015 | 1,5116 |

### Cäsiumkobaltosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2CoCs_2 \cdot 6H_2O$.

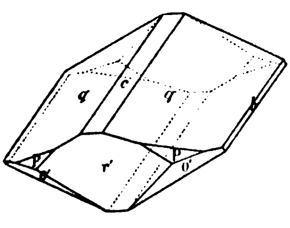
Spec. Gew. 2,837 Tutton[46]) (l. c. 428 bzw. 188).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7270:1:0{,}4968;$$

$$\beta = 107^\circ 8'$$ Tutton[42]) (l. c. 393 bzw. 543).

Fig. 736.




Durch Vorherrschen von $q\{011\}$ erscheinen die Krystalle als kurze Prismen; herrschende Form an ihrem Ende ist $r'\{20\bar{1}\}$, während $o'\{11\bar{1}\}$ und insbesondere $p\{110\}$ nur untergeordnet auftreten. $c\{001\}$ und die seltene Form $b\{010\}$ bilden nur schmale Flächen (Fig. 736).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *69° 36′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 0 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 24 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 65° 24′ | 65 24 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 45 18 | 45 18 |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 26 | 49 24 |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 35 26 | 35 23 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 62 24 | 62 26 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 88 29 | 88 28 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 13 | 52 13 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 35 | 87 34 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe rötlichbraun. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet im Mittel nach Tutton[46]) 116° 8′ mit der $c$-Axe und 9° 0′ mit der $a$-Axe (letzterer Wert ist für Blau um 10′ kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5028 | 1,5057 | 1,5102 | 81° 42′ | — |
| *C*: | 1,5032 | 1,5061 | 1,5106 | 81 40 | — |
| *Na*: | 1,5057 | 1,5085 | 1,5132 | 81 34 | 156° 40′ ca. |
| *Tl*: | 1,5079 | 1,5110 | 1,5156 | 81 29 | — |
| *F*: | 1,5112 | 1,5142 | 1,5187 | 81 22 | — |
| *G*: | 1,5159 | 1,5188 | 1,5237 | — | — |

Bei 70° sind die Brechungsindices um 0,0018 niedriger.

### Ammoniumkobaltosulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2Co(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 1,88 Perrot[47]) (l. c. 47).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7392:1:0{,}4985; \quad \beta = 106^\circ 56' \text{ Marignac}^{59)}.$$

Beobachtete Formen: $p\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$; kurzprismatisch nach der $c$-Axe.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 32′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *73 4 |
| $p:c = (110):(001) =$ | 76° 15′ | 76 14 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 25 30 | 25 15 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | — | *64 48 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 57 | 44 54 |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 20 | 49 20 |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 34 58 | 34 55 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 33 50 | 33 40 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 38 40 | 38 39 |
| $o:q = (111):(011) =$ | 26 51 | 26 47 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 44 | 52 40 |
| $r':o = (20\bar{1}):(111) =$ | 87 3 | 86 57 |
| $r':q = (\bar{2}01):(011) =$ | 67 24 | 67 20 |
| $r':o' = (20\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 35 23 | 35 28 |

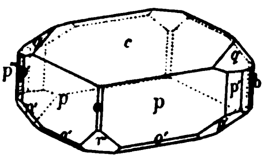
Farbe johannisbeerrot.

### Kaliumcuprisulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2CuK_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,224 Tutton[46]) (l. c. 432 bzw. 192).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7490:1:0{,}5088;$$
$$\beta = 104^\circ 28' \text{ Tutton}^{42)}.$$

Fig. 737.




Brooke[44]) teilte zuerst einige weniger genaue Messungen an Krystallen mit den Formen $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $b\{010\}$ und $c\{001\}$ mit. Tutton[42]) (l. c. 397 bzw. 547) fügte dazu noch $o'\{11\bar{1}\}$, $n'\{12\bar{1}\}$ (oft ziemlich groß ausgebildet), $p\{120\}$, selten $a\{100\}$ und $p'''\{130\}$ (Fig. 737).

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Brooke: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 58′ | 72° 25′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 26 | — |
| $p':p''' = (120):(130) =$ | 9 54 | 10 9 | — |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *78 20 | 75 30 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *26 11 | 25 40 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63 19 | 63 18 | 63 40 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 42 | 44 43 | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 54 | 49 57 | — |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 34 30 | 34 40 | — |
| $b:n' = (010):(12\bar{1}) =$ | 47 4 | 47 6 | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 51 | 63 46 | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 85 32 | 85 39 | — |
| $q:n' = (011):(\bar{1}21) =$ | 35 21 | 35 27 | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 28 | 52 30 | — |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | 87 11 | 87 13 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe grünlichblau. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 108° 33′ mit der $c$-Axe und 4° 5′ mit der $a$-Axe (für Blau sind die Werte um 30′ kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4807 | 1,4834 | 1,4990 | 46° 1′ | 71° 19′ |
| *C*: | 1,4811 | 1,4838 | 1,4994 | 46 6 | 71 25 |
| *Na*: | 1,4836 | 1,4864 | 1,5020 | 46 32 | 72 7 |
| *Tl*: | 1,4861 | 1,4889 | 1,5047 | 47 0 | 73 3 |
| *F*: | 1,4893 | 1,4922 | 1,5081 | 47 33 | 74 13 |
| *G*: | 1,4944 | 1,4975 | 1,5134 | — | — |

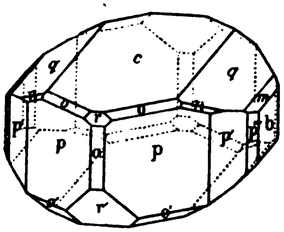
Bei Temperaturerhöhung von 20° auf 70° nehmen die Brechungsindices um 0,0020 ab; $2E$ (bei 70°) = 80° 30′ (*C*), 81° 30′ (*Na*) und 82° 30′ (*Tl*).

### Rubidiumcuprisulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2CuRb_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,570 Tutton[46]) (l. c. 437 bzw. 196), 2,58 Perrot[52]) (l. c. 124).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7490:1:0{,}5029; \quad \beta = 105^\circ 18' \text{ Tutton}^{42)}.$$

Fig. 738.



Während Perrot[48]) (l. c. 677) Krystalle von einfacherer Combination gemessen hat, beschrieb Tutton (l. c. 400 bzw. 550) sehr flächenreiche tafelförmige oder kurzprismatische Krystalle mit den Formen: $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$; mehr oder weniger selten $m\{021\}$, $p'\{120\}$, $p'''\{130\}$, $r\{201\}$, $a\{100\}$, $n\{121\}$ (Fig. 738).

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *71° 44′ | 71° 45′ |
| $p':p = (120):(110)$ = | 19° 28′ | 19 33 | — |
| $p':p''' = (120):(130)$ = | 9 55 | 9 55 | — |
| $a:c = (100):(001)$ = | 74 42 | 74 34 | — |
| $p:c = (110):(001)$ = | — | *77 39 | 77 35 |
| $q:c = (011):(001)$ = | — | *25 54 | 25 44 |
| $q:m = (011):(021)$ = | 18 16 | 18 17 | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001)$ = | 63 30 | 63 32 | 63 23 |
| $r:c = (201):(001)$ = | 43 43 | 43 35 | — |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ = | 44 31 | 44 34 | — |
| $o':b = (11\bar{1}):(010)$ = | 65 8 | 65 4 | — |
| $o':q = (\bar{1}11):(011)$ = | 34 24 | 34 28 | — |
| $o:c = (111):(001)$ = | 34 31 | 34 28 | — |
| $o:b = (111):(010)$ = | 70 8 | 70 15 | — |
| $o:q = (111):(011)$ = | 27 11 | 27 9 | — |
| $n:b = (121):(010)$ = | 54 9 | 54 12 | — |
| $q:p = (011):(110)$ = | 63 22 | 63 23 | 63 28 |
| $q:n = (011):(121)$ = | 26 32 | 26 34 | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10)$ = | 86 22 | 86 22 | 86 29 |
| $r':p = (\bar{2}01):(110)$ = | 52 50 | 52 49 | 52 51 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0)$ = | 87 43 | 87 40 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe grünlichblau. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 116° 28′ mit der $c$-Axe und 11° 10′ mit der $a$-Axe (für Blau sind die Werte um 15′ kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4858 | 1,4878 | 1,5007 | 44° 26′ | 68° 36′ |
| *C*: | 1,4862 | 1,4882 | 1,5011 | 44 29 | 68 42 |
| *Na*: | 1,4886 | 1,4906 | 1,5036 | 44 42 | 69 8 |
| *Tl*: | 1,4912 | 1,4933 | 1,5064 | 44 57 | 69 35 |
| *F*: | 1,4943 | 1,4966 | 1,5098 | 45 15 | 70 12 |
| *G*: | 1,4991 | 1,5013 | 1,5148 | — | — |

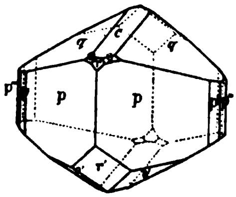
Temperaturerhöhung von 20° auf 70° erniedrigt die Brechungsindices um 0,0015; $2E$ (bei 70°) = 72° 45′ f. *Na*. Brechungsindices nach Perrot[52]) (l. c. 125):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| *a*: | $\alpha$ = 1,4844 | $\beta$ = (1,4859) | $\gamma$ = 1,4989 |
| *B*: | 1,4850 | 1,4871 | 1,4995 |
| *C*: | 1,4859 | 1,4880 | 1,5008 |
| *D*: | 1,4885 | 1,4907 | 1,5032 |
| *b*: | 1,4922 | 1,4945 | 1,5072 |
| *F*: | 1,4944 | 1,4968 | 1,5095 |
| *G*: | 1,4989 | 1,5013 | 1,5139 |

## Cäsiumcuprisulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2CuCs_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,854 Tutton[46]) (l. c. 441 bzw. 200).
Monoklin prismatisch.

Fig. 739.




$a:b:c = 0{,}7429:1:0{,}4946$; $\beta = 106°10'$ Tutton[42]).

Vorherrschende Formen sind nach Tutton (l. c. 403 bzw. 553) $p\{110\}$, $q\{011\}$; dazu kommen meist noch $r'\{20\bar{1}\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, schmal $c\{001\}$, gelegentlich und untergeordnet $b\{010\}$, $r\{201\}$, $o\{111\}$, $p'\{120\}$, $p'''\{130\}$ (Fig. 739).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 0' |
| $p':p$ | $= (120):(110) =$ | 19°28' | 19 28 |
| $p':p'''$ | $= (120):(130) =$ | 9 59 | 10 0 |
| $p:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *76 54 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | — | *25 24 |
| $r':c$ | $= (\bar{2}01):(001) =$ | 63 50 | 63 58 |
| $r:c$ | $= (201):(001) =$ | 43 1 | 43 7 |
| $o':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 44 22 | 44 28 |
| $o':o'$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 16 | 49 20 |
| $o':q$ | $= (\bar{1}11):(011) =$ | 34 28 | 34 33 |
| $o:c$ | $= (111):(001) =$ | 33 55 | 33 58 |
| $o:q$ | $= (111):(011) =$ | 26 50 | 26 54 |
| $q:p$ | $= (011):(110) =$ | 63 0 | 63 1 |
| $q:p$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 87 27 | 87 26 |
| $r':p$ | $= (20\bar{1}):(110) =$ | 53 0 | 52 57 |
| $o':p$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 88 1 | 87 57 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe grünlichblau. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 132°57' mit der $c$-Axe und 26°47' mit der $a$-Axe (für Rot sind die Werte um 20'—25' kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5017 | 1,5032 | 1,5122 | 43° 6' | 67°26' |
| *C*: | 1,5021 | 1,5036 | 1,5126 | 43 9 | 67 32 |
| *Na*: | 1,5048 | 1,5061 | 1,5153 | 43 24 | 68 5 |
| *Tl*: | 1,5074 | 1,5089 | 1,5180 | 43 40 | 68 40 |
| *F*: | 1,5108 | 1,5123 | 1,5216 | 44 3 | 69 24 |
| *G*: | 1,5159 | 1,5174 | 1,5266 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung auf 70° werden die Brechungsindices um 0,0016 kleiner; $2E$ (bei 70°) für $Na = 66°40'$.

## Ammoniumcuprisulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2Cu(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7433:1:0{,}4838$; $\beta = 106°6'$ Miller[61]).

Zu den von Miller beobachteten Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $a\{100\}$ fügten Murmann und Rotter[45]) (l. c. 171) noch $p'\{120\}$ und $b\{010\}$. Nach Letzteren sind die Krystalle mehr oder weniger prismatisch

61) Miller, Phil. Mag. 1835, (3) 6, 105. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1835, 36, 477.

verlängert nach der $c$-Axe oder dicktafelig nach $c\{001\}$; beide Ausbildungsweisen sind durch Übergangsstufen mit einander verbunden.

| | Berechnet: | Beobachtet: Miller: | Murmann u. Rotter: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 4′ | — |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19°28′ | — | 19°—20° |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *73 54 | — |
| $p:c = (110):(001) =$ | 76 57 | — | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *26 10 | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 62 56 | 64 54 | — |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 43 33 | 45 31 | — |
| $o':a = (11\bar{1}):(100) =$ | 70 43 | 69 10½ | — |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Murmann und Rotter (l. c. 171) 18°39′ mit der $c$-Axe und 87°27′ mit der $a$-Axe. Axenwinkel in Öl = 72°54′, daraus $2E = 121°39$; $\beta = 1,494$ bis 1,502 (rot—blau); $2V = 71°21'$. Dispersion der Axen beträchtlich; $\varrho > v$. Pleochroïsmus: $\mathfrak{a}$ rötlich, $\mathfrak{b}$ dunkler blau, $\mathfrak{c}$ heller blau.

## Kaliumzinksulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2ZnK_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,246 Tutton[40]), 2,245 Perrot[47]) (l. c. 25).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,7413:1:0,5044;\quad \beta = 104°48'$$ Tutton[42]).

Fig. 740.

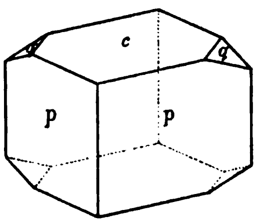
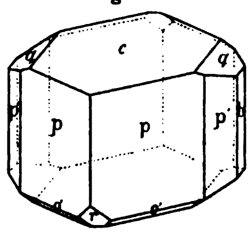



Fig. 741.




Zuerst unvollständig gemessen von Teschemacher[62]). Eine häufige Combination zeigt nach Tutton (l. c. 357 bzw. 505) die Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, untergeordnet $q\{011\}$ (Fig. 740), wozu noch schmal $b\{010\}$ treten kann. Flächenreichere Krystalle (Fig. 741) entstehen, wenn noch $p'\{120\}$, $r'\{20\bar{1}\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$ — letzteres sehr selten — hinzukommen. |Rammelsberg[28]) (l. c. 243) hatte dieselben Formen beobachtet, außer $o'\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Rammelsberg: | Teschemacher: |
|---|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71°14′ | 71°20′ | 71°20′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19°28′ | 19 23 | — | — |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *78 1 | 77 30 | 77 40 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 58 | 25 42 | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63 38 | 63 38 | 64 18 | — |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 45 | 44 41 | — | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 34 | 49 34 | — | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 47 | 63 49 | — | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 86 5 | 86 5 | — | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 16 | 52 15 | — | — |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 86 58 | 87 3 | — | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$.

62) Teschemacher, Kastners Archiv 1828, **13**, 197.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) (l. c. 374 bzw. 138) im Mittel 100° 18′ mit der $c$-Axe und 4° 30′ mit der $a$-Axe (für Rot ist letzterer Wert ein wenig kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4748 | 1,4805 | 1,4938 | 68° 17′ | 112° 17′ |
| *C*: | 1,4752 | 1,4809 | 1,4942 | 68 16 | 112 19 |
| *Na*: | 1,4775 | 1,4833 | 1,4969 | 68 14 | 112 29 |
| *Tl*: | 1,4797 | 1,4857 | 1,4994 | 68 12 | 112 38 |
| *F*: | 1,4826 | 1,4889 | 1,5027 | 68 9 | 112 50 |
| *G*: | 1,4866 | 1,4929 | 1,5067 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung von 20° auf 70° werden die Brechungsindices um 0,0018 kleiner; $2E$ bei 90° für *Na* 115° 12′.

Brechungsindices nach Perrot[47]).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *a*: | $\alpha$ = 1,4735 | $\beta$ = 1,4794 | $\gamma$ = 1,4920 | |
| *B*: | 1,4744 | 1,4803 | 1,4932 | |
| *C*: | 1,4749 | 1,4811 | 1,4940 | |
| *D*: | 1,4775 | 1,4836 | 1,4967 | $2E$ = 114°. |
| *b*: | 1,4809 | 1,4869 | 1,5004 | |
| *F*: | 1,4826 | 1,4888 | 1,5024 | |
| *G*: | 1,4867 | 1,4937 | 1,5073 | |

### Rubidiumzinksulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2ZnRb_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,591 Tutton[40]), 2,595 Perrot[47]) (l. c. 29).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7373:1:0{,}5011; \quad \beta = 105°53' \text{ Tutton}^{42)}.$$

Gemessen von Perrot[48]) (l. c. 672), eingehender von Tutton (l. c. 359 bzw. 507). Eine häufige Combination (Fig. 742) wird nach Tutton von $c\{001\}$ und $p\{110\}$ als herrschende Formen gebildet, wozu noch $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$ und $b\{010\}$ treten. Nach $c\{001\}$ mehr tafelige Krystalle (Fig. 743) zeigen außerdem noch mehr oder minder selten, aber immer untergeordnet $o'\{11\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $p'\{120\}$, $o\{111\}$ und $n\{121\}$.

Fig. 742.

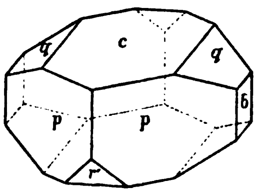
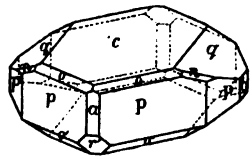



Fig. 743.




| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 44′ | 70° 43′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 33 | — |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *77 6 | 76 57 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 44 | 25 40 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 75 44 | 75 43 | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 20 | 64 18 | 64 28 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 55 | 45 2 | — |
| $o':a = (11\bar{1}):(100) =$ | 69 21 | 69 17 | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 34 | 49 42 | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 34 24 | 34 23 | — |

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|
| $o:a = (111):(100)$ | $= 48°27'$ | $48°27'$ | — |
| $q:p = (011):(110)$ | $= 63\ 6$ | $63\ 6$ | $63°\ 2'$ |
| $q:p = (011):(\bar{1}10)$ | $= 87\ 7$ | $87\ 6$ | $87\ 30$ |
| $r':p = (20\bar{1}):(110)$ | $= 52\ 23$ | $52\ 25$ | $52\ 24$ |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | $= 87\ 24$ | $87\ 24$ | — |
| $q:n = (011):(121)$ | $= 26\ 33$ | $26\ 35$ | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) (l. c. 379 bzw. 143) im Mittel 106° 43′ mit der $c$-Axe und 0° 50′ mit der $a$-Axe (für Blau sind die Werte um 15′ kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4807 | 1,4856 | 1,4947 | 73° 42′ | 125° 38′ |
| *C*: | 1,4811 | 1,4860 | 1,4951 | 73 40 | 125 39 |
| *Na*: | 1,4833 | 1,4884 | 1,4975 | 73 33 | 125 46 |
| *Tl*: | 1,4857 | 1,4908 | 1,5001 | 73 27 | 125 53 |
| *F*: | 1,4886 | 1,4938 | 1,5033 | 73 18 | 126 3 |
| *G*: | 1,4929 | 1,4980 | 1,5078 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung auf 70° werden die Brechungsindices um 0,0012 kleiner; $2E$ bei 70° für $Na = 127° 0'$.

Brechungsindices nach Perrot[47]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| *a*: | 1,4795 | 1,4845 | — |
| *B*: | 1,4804 | 1,4854 | 1,4942 |
| *C*: | 1,4806 | 1,4859 | 1,4945 |
| *D*: | 1,4833 | 1,4882 | 1,4976 |
| *b*: | 1,4864 | 1,4919 | 1,5012 |
| *F*: | 1,4883 | 1,4943 | 1,5030 |
| *G*: | 1,4919 | 1,4993 | 1,5077 |

$2E$ für Blau 128°.

### Cäsiumzinksulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2ZnCs_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,875 Tutton[40]), 2,88 Perrot[47]) (l. c. 31).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,7274:1:0,4960;\quad \beta = 107°1' \text{ Tutton}^{42)}.$$

Tutton (l. c. 361 bzw. 510) beobachtete folgende Formen: $q\{011\}$, nach welchem die Krystalle immer mehr oder weniger prismatisch verlängert waren; $c\{001\}$ in sehr wechselnder Größe; $p\{110\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$, beide meist in gleich großer Ausbildung; $r'\{20\bar{1}\}$; $b\{010\}$ war immer schmal und konnte auch gänzlich fehlen (Fig. 744 und 745); von $n'\{12\bar{1}\}$ wurden nur einmal unmeßbare Flächen beobachtet.

Fig. 744.

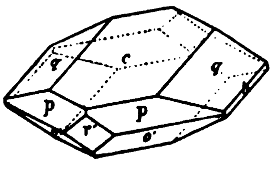
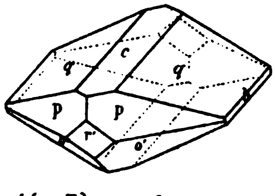



Fig. 745.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p : p = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *69° 43′ |
| $p : c = (110) : (001) =$ | — | *76 6 |
| $q : c = (011) : (001) =$ | — | *25 23 |
| $r' : c = (\bar{2}01) : (001) =$ | 65° 15′ | 65 17 |
| $o' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 45 12 | 45 19 |
| $o' : o' = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 22 | 49 25 |
| $o' : q = (\bar{1}11) : (011) =$ | 35 21 | 35 26 |
| $q : p = (011) : (110) =$ | 62 29 | 62 34 |
| $q : p = (011) : (\bar{1}10) =$ | 88 24 | 88 23 |
| $r' : p = (20\bar{1}) : (110) =$ | 52 16 | 52 10 |
| $o' : p = (11\bar{1}) : (1\bar{1}0) =$ | 87 35 | 87 30 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46] (l. c. 383 bzw. 146) im Mittel 120° 16′ mit der $c$-Axe und 13° 15′ mit der $a$-Axe (für die verschiedenen Farben nicht meßbar verschieden). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4994 | 1,5020 | 1,5064 | 74° 30′ | 131° 18′ |
| *C*: | 1,4998 | 1,5024 | 1,5068 | 74 27 | 131 10 |
| *Na*: | 1,5022 | 1,5048 | 1,5093 | 74 11 | 130 35 |
| *Tl*: | 1,5047 | 1,5073 | 1,5119 | 73 52 | 130 0 |
| *F*: | 1,5079 | 1,5104 | 1,5152 | 73 31 | 129 15 |
| *G*: | 1,5125 | 1,5151 | 1,5199 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung auf 50° werden die Brechungsindices um 0,0016 kleiner; $2E$ bei 70° für $Na = 128°$. Brechungsindices nach Perrot[47]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| *a*: | $\alpha =$ 1,4985 | $\beta =$ 1,5008 | $\gamma =$ 1,5052 |
| *B*: | 1,4989 | 1,5017 | 1,5061 |
| *C*: | 1,4997 | 1,5026 | 1,5070 |
| *D*: | 1,5020 | 1,5050 | 1,5095 |
| *b*: | 1,5059 | 1,5087 | 1,5134 |
| *F*: | 1,5080 | 1,5107 | 1,5155 |
| *G*: | 1,5126 | 1,5149 | 1,5203 |

### Ammoniumzinksulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2Zn(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 1,932 Tutton[40]), 1,931 Perrot[47]) (l. c. 34).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}7368 : 1 : 0{,}4997$; $\beta = 106° 52'$ Tutton[40]) (l. c. 1140 bzw. 336).

Zuerst angenähert gemessen von Kobell[63]). Die gewöhnlichen Formen sind nach Tutton[40]): $p\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $b\{010\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $r'\{20\bar{1}\}$. Die

Fig. 746.

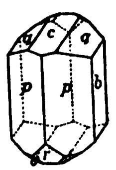


Fig. 747.

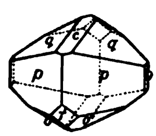
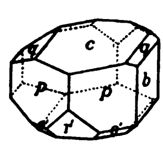


Fig. 748.



Krystalle sind mehr (Fig. 746) oder weniger (Fig. 747) prismatisch verlängert

63) Kobell, Journ. f. prakt. Chemie 1843, 28, 492; 31, 320.

nach der Verticalaxe; im letzteren Falle kann auch $c\{001\}$ stark vorherrschend werden (Fig. 748); sehr selten sind $o\{111\}$ und $n\{121\}$. Während Murmann

Fig. 749.

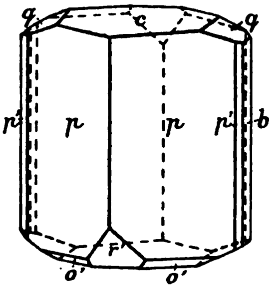
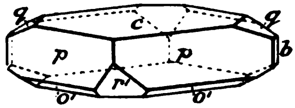



Fig. 750.




und Rotter[45]) (l. c. 166) nur die zuerst genannten Formen in den Combinationen Fig. 749 und 750 beobachteten, fand Marignac[6]) (l. c. 51 bzw. 527) außer ihnen noch $m\{021\}$, $p'\{120\}$, $p'''\{130\}$, $o\{111\}$ und $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Marignac: | Murmann u. Rotter: | Kobell: |
|---|---|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 26′ | 70° 18′ | 70° 29′ | 69° 0′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | — | 19 34 | — | — |
| $p''':p = (130):(110) =$ | 29 29 | — | 29 51 | — | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 73 8 | — | 73 12 | — | — |
| $q:a = (011):(100) =$ | 74 49 | — | 74 55 | — | — |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 17 | 76 23 | 76 26 | 73 46 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 33 | 25 30 | 25 17 | 25 0 |
| $m:c = (021):(001) =$ | 43 43 | — | 43 5 | — | — |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 56 | 64 54 | 64 56 | 64 41 | 62 0 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 45 5 | 45 3 | 44 58 | 44 45 | 45 7 |
| $o':a = (11\bar{1}):(100) =$ | 70 6 | — | 70 9 | — | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 42 | 49 43 | 50 0 | — | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 33 57 | 34 2 | 34 0 | — | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 47 52 | — | 47 55 | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 38 42 | — | 38 30 | — | — |
| $b:n = (010):(121) =$ | 54 54 | 54 57 | — | — | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | 62 27 | 62 27 | 62 34 | — | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 88 0 | 88 1 | — | — | — |
| $q:n = (011):(121) =$ | 26 15 | 26 17 | — | — | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 34 | 52 36 | 52 40 | 52 30 | — |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 56 | 87 59 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[10]) im Mittel 96° 59′ mit der $c$-Axe und 9° 53′ mit der $a$-Axe (für Rot ist letzterer Wert um 10′ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4858 | 1,4900 | 1,4963 | 78° 57′ | 143° 43′ |
| *C*: | 1,4862 | 1,4904 | 1,4967 | 78 58 | 143 56 |
| *Na*: | 1,4888 | 1,4930 | 1,4994 | 79 0 | 144 41 |
| *Tl*: | 1,4914 | 1,4957 | 1,5021 | 79 2 | 145 29 |
| *F*: | 1,4947 | 1,4990 | 1,5056 | 79 3 | 146 16 |
| *G*: | 1,4992 | 1,5036 | 1,5102 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung von 20° auf 70° werden die Brechungsindices um 0,0013—0,0019 niedriger; $2E$ bei 75° ist 138°7′ für $C$, 138°42′ für $Na$ und 139°11′ für $Tl$.

Brechungsindices nach Perrot[47]):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$: | $\alpha = 1,4854$ | $\beta = 1,4889$ | $\gamma = 1,4957$ | $2E = 142°30'$ für Rot. |
| $B$: | 1,4858 | 1,4897 | 1,4962 | |
| $C$: | 1,4862 | 1,4904 | 1,4971 | |
| $D$: | 1,4890 | 1,4934 | 1,4996 | |
| $b$: | 1,4927 | 1,4972 | 1,5035 | |
| $F$: | 1,4946 | 1,4993 | 1,5056 | |
| $G$: | 1,4987 | 1,5041 | 1,5104 | |

### Thalliumzinksulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2ZnTl_2 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7388:1:0,5010$; $\beta = 106°10'$ Des Cloizeaux[64]).

Werther[51]) (l. c. 133) beobachtete gewöhnlich als herrschende Formen: $p\{110\}$, $c\{001\}$ und $q\{011\}$, untergeordnet: $o'\{11\bar{1}\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $b\{010\}$; $c\{001\}$ konnte auch bisweilen fehlen. Zu diesen Formen fügte Des Cloizeaux noch $a\{100\}$ und $o\{111\}$; die von ihm gemessenen Krystalle zeigen Verlängeruug nach der $b$-Axe bei starkem Hervortreten von $r'\{20\bar{1}\}$ und $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Des Cloizeaux: | Werther: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 43′ | 70° 48′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *73 50 | — |
| $p:c = (110):(001) =$ | 76° 52½′ | 76 39 | 76 44 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 25 42 | 25° 30′—25° 43′ | 25 15 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | — | *64° 28′ | 64 19 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 57 | 44 49 | — |
| $o:o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 38 | — | 49 50 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 34 16 | 34 12 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 39 6 | — | — |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 31 | 52 39 | — |
| $r':o' = (20\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 35 6 | 35 6 | — |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 34 58 | 35 10 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet für Rot 75°45′ mit der $c$-Axe und 30°25′ mit der $a$-Axe (für Blau ist letzterer Wert 30°20′). $2V = 76°26'$ (für Rot) und 78°16′ (für Blau), $2E = 130°10'$, bzw. 137°45′ nach Des Cloizeaux[64]).

### Rubidiumcadmiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2CdRb_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,672 Tutton[46]), 2,70 Perrot[52]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7346:1:0,4931$; $\beta = 105°53'$ Tutton[42]).

Zu den wichtigeren, auch von Perrot[48]) (l. c. 678) beobachteten Formen $c\{001\}$, $q\{011\}$, $p\{110\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $o'\{11\bar{1}\}$ fügt Tutton (l. c. 408 bzw. 557) noch als meist

64) Lamy u. Des Cloizeaux, Ann. chim. phys. 1869, (4) 17, 315.

untergeordnet hinzu: $b\{010\}$, $p'\{120\}$, $p''\{210\}$, $p'''\{130\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$ (Fig. 751 und 752).

Fig. 751.

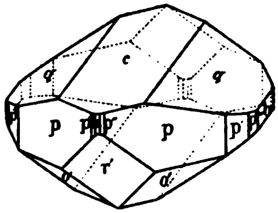
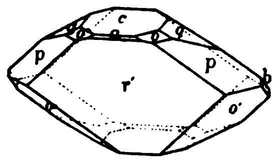



Fig. 752.




| | | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Perrot: |
|---|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 28′ | 70° 44′ |
| $p':p$ | $= (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 26 | — |
| $a:p''$ | $= (100):(210) =$ | 19 27 | 19 15 | — |
| $a:p'''$ | $= (100):(130) =$ | 64 44 | 64 41 | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 74 7 | 74 9 | — |
| $p:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *77 5 | 76 57 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | — | *25 24 | 25 22 |
| $q:a$ | $= (011):(100) =$ | 75 41 | 75 46 | — |
| $r':c$ | $= (\bar{2}01):(001) =$ | 63 56 | 64 6 | — |
| $o':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 44 29 | 44 27 | — |
| $o':a$ | $= (11\bar{1}):(100) =$ | 69 38 | 69 34 | — |
| $o':o'$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 0 | 49 2 | — |
| $o:c$ | $= (111):(001) =$ | 34 6 | 34 12 | — |
| $o:q$ | $= (111):(011) =$ | 27 6 | 27 7 | — |
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 38 44 | 38 43 | — |
| $q:p$ | $= (011):(110) =$ | 63 18 | 63 17 | 62 50 |
| $q:p$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 87 23 | 87 24 | — |
| $r':p$ | $= (20\bar{1}):(110) =$ | 52 35 | 52 31 | 53 10 |
| $o':p$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 25 | 87 30 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 105° 53′ mit der $c$-Axe und 0° 0′ mit der $a$-Axe (ersterer Wert ist für Blau um 10′ kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus dem in Terpentinöl und Toluol beobachteten stumpfen Winkel) |
|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4773 | 1,4820 | 1,4919 | 72° 20′ |
| *C*: | 1,4777 | 1,4824 | 1,4923 | 72 21 |
| *Na*: | 1,4798 | 1,4848 | 1,4948 | 72 26 |
| *Tl*: | 1,4823 | 1,4872 | 1,4972 | 72 31 |
| *F*: | 1,4856 | 1,4905 | 1,5007 | 72 37 |
| *G*: | 1,4906 | 1,4955 | 1,5061 | — |

nach Perrot[52]) (l. c. 128):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | |
|---|---|---|---|---|
| *a*: | $\alpha =$ 1,4757 | $\beta =$ 1,4811 | $\gamma =$ — | |
| *B*: | 1,4761 | — | — | |
| *C*: | 1,4773 | — | — | |
| *D*: | 1,4801 | 1,4851 | 1,4952 | $2V$ (indirecte Beobachtung) = 71° 59′—72° 15′ |
| *b*: | 1,4836 | 1,4888 | — | |
| *F*: | 1,4856 | 1,4908 | — | |
| *G*: | 1,4896 | — | — | |

**Cäsiumcadmiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2CdCs_2 \cdot 6H_2O$.**

Spec. Gew. 2,955 Tutton[46]) (l. c. 451 bzw. 209).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7259:1:0,4906$; $\beta = 107^\circ 11'$ Tutton[42]).

Fig. 753.

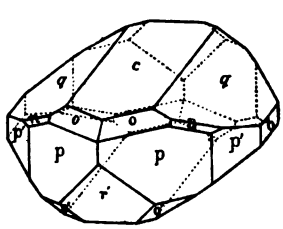
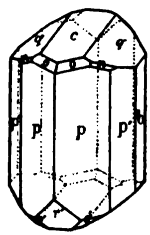


Fig. 754.



Die gewöhnliche Combination (Fig. 753, weniger häufig Fig. 754) zeigt die Formen: $c\{001\}$, $q\{011\}$, $p\{110\}$, $p'\{120\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$. Selten und untergeordnet können noch hinzukommen $p''\{210\}$, $p'''\{130\}$, $a\{100\}$, $m\{021\}$, $n\{121\}$ (Tutton) (l. c. 410 bzw. 559).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *69° 28′ |
| $p':p$ | $= (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 27 |
| $p'':p$ | $= (210):(110) =$ | 15 37 | 15 32 |
| $a:p'''$ | $= (100):(130) =$ | 64 19 | 64 25 |
| $p:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *75 57 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | — | *25 8 |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 72 49 | 72 47 |
| $q:a$ | $= (011):(100) =$ | 74 29 | 74 23 |
| $r':c$ | $= (\bar{2}01):(001) =$ | 65 5 | 65 8 |
| $o':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 44 55 | 44 58 |
| $o':a$ | $= (11\bar{1}):(100) =$ | 70 20 | 70 22 |
| $o':o'$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 0 | 49 3 |
| $o:c$ | $= (111):(001) =$ | 33 38 | 33 34 |
| $o:a$ | $= (111):(100) =$ | 47 37 | 47 38 |
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 37 58 | 37 59 |
| $q:p$ | $= (011):(110) =$ | 62 30 | 62 29 |
| $q:p$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 88 43 | 88 44 |
| $q:n$ | $= (011):(121) =$ | 26 11 | 26 14 |
| $r':p$ | $= (20\bar{1}):(110) =$ | 52 26 | 52 24 |
| $o':p$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 41 | 87 40 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[46]) im Mittel 116° 56′ mit der $c$-Axe und 9° 45′ mit der $a$-Axe (für Blau sind die Werte um 10′—15′ kleiner als für Rot). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4947 | 1,4972 | 1,5034 | 68° 4′ | 114° 32′ |
| *C*: | 1,4951 | 1,4976 | 1,5038 | 68 2 | 114 27 |
| *Na*: | 1,4975 | 1,5000 | 1,5062 | 67 53 | 114 4 |
| *Tl*: | 1,5000 | 1,5026 | 1,5088 | 67 44 | 113 38 |
| *F*: | 1,5033 | 1,5058 | 1,5123 | 67 28 | 113 7 |
| *G*: | 1,5081 | 1,5106 | 1,5172 | — | — |

**Ammoniumcadmiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2Cd(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7431:1:0,4945$; $\beta = 107^\circ 41'$ Rammelsberg[55]).

Es werden (l. c. 462) folgende Formen angegeben: $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $p'\{120\}$, $p'''\{130\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 36′ |
| $p':p$ | $= (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 28 |
| $p''':p$ | $= (130):(110) =$ | 29 29 | 29 30 |
| $p:o'$ | $= (110):(11\bar{1}) =$ | — | *59 39 |
| $o':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | — | *44 42 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | 25 13 | 25 11 |
| $r':c$ | $= (\bar{2}01):(001) =$ | 64 50 | 64 50 |
| $q:a$ | $= (011):(100) =$ | 74 3 | 74 45 |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 72 19 | 72 37 |
| $o:c$ | $= (111):(001) =$ | 33 18 | 33 30 |
| $o':q$ | $= (\bar{1}11):(011) =$ | 34 44 | 34 35 |

### Ammoniummagnesiumchromat-Hexahydrat = $(CrO_4)_2Mg(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 1,83—1,86 Abbot[65]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7511:1:0{,}4931$; $\beta = 106°31'$ Murmann[66]).

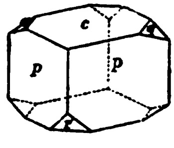
Beobachtete Formen: $p\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $b\{010\}$; untergeordnet $o'\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $n'\{12\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 31′ |
| $p:c$ | $= (110):(001) =$ | 76° 40′ | — |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | 25 18 | 25 15 |
| $r':c$ | $= (\bar{2}01):(001) =$ | — | *63 32 |
| $o':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 44 4 | 44 28 |
| $o':o'$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 26 | — |
| $o':q$ | $= (\bar{1}11):(011) =$ | 33 52 | — |
| $o:c$ | $= (111):(001) =$ | 33 33 | 33 47 |
| $o:q$ | $= (111):(011) =$ | 26 27 | — |
| $q:p$ | $= (011):(110) =$ | 62 43 | — |
| $q:p$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 87 38 | — |
| $r':p$ | $= (20\bar{1}):(110) =$ | — | *53 35 |
| $n':q$ | $= (\bar{1}21):(011) =$ | 35 21 | 35 45 |

Ebene der optischen Axen für Grün $b\{010\}$, für Rot senkrecht zu $\{010\}$; Axenwinkel für beide Farben sehr groß.

### Kaliummagnesiumselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2MgK_2 \cdot 6H_2O$.

Fig. 755.




Spec. Gew. 2,365 Tutton[40]), 2,336 Topsøe[29]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7485:1:0{,}5031$; $\beta = 104°18'$ Tutton[67]).

Die gewöhnliche Combination (Fig. 755) zeigt $c\{001\}$, $p\{110\}$, untergeordnet $q\{011\}$ und $r'\{20\bar{1}\}$, welche Formen auch Topsøe (l. c. 47) beobachtete. Dazu tritt nach Tutton bisweilen noch $a\{100\}$; $o'\{11\bar{1}\}$ wurde nur einmal in schlechter Ausbildung beobachtet.

65) Abbot in Clarke, Specif. Grav. f. Solids etc. Washington 1888, 104.
66) Murmann, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1857, 27, 175.
67) Tutton, Zeitschr. f. Krystall. 1902, 35, 529.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Topsøe: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71°50′ | 71°38′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *78 28 | 78 23 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *26 0 | 26 0 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 62°53′ | 62 58 | 62 54 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 64 5 | 64 7 | — |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 85 34 | 85 35 | 85 31 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 36 | 52 33 | 52 30 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton im Mittel 101°18′ mit der $c$-Axe und 3°0′ mit der $a$-Axe (für verschiedene Farben nicht meßbar verschieden). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4936 | 1,4958 | 1,5103 | 39°43′ | 61°11′ |
| *C*: | 1,4941 | 1,4963 | 1,5108 | 39 42 | 61 10 |
| *Na*: | 1,4969 | 1,4991 | 1,5139 | 39 38 | 61 7 |
| *Tl*: | 1,4999 | 1,5022 | 1,5172 | 39 34 | 61 3 |
| *F*: | 1,5035 | 1,5058 | 1,5210 | 39 25 | 60 57 |
| *G*: | 1,5091 | 1,5114 | 1,5266 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung um 60° werden die Brechungsindices um 0,0020 kleiner, $2E$ um 3°10′ größer.

Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 717 bzw. 75 bzw. 561), welche $\alpha$ und $\gamma$ indirect und $\beta$ direct bestimmten, fanden für *Na*:

$\alpha = 1,4950$; $\beta = 1,4970$; $\gamma = 1,5120$; $2V = 40°22′$; $2E = 62°12′$;
$\beta = 1,4944$ für *C* und 1,5040 für *F*.

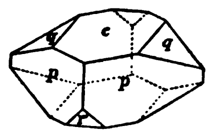
**Rubidiummagnesiumselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2MgRb_2.6H_2O$.**

Spec. Gew. 2,684 Tutton[40]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7424:1:0,5011$; $\beta = 105°14′$ Tutton[67]).

Fig. 756.




Die gewöhnlichen Formen sind nach Tutton (l. c. 537): $p\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$ (Fig. 756); dazu kommt oft noch untergeordnet $b\{010\}$ und selten $o'\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71°17′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *77 40 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 47 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63°37′ | 63 35 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 35 | 44 35 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 32 | 63 31 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 86 29 | 86 30 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 35 | 52 37 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

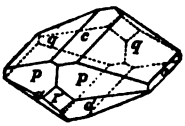
Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet im Mittel 106°24′ mit der $c$-Axe und 1°10′ mit der $a$-Axe (für Blau sind die Werte um 7′—8′ kleiner). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4978 | 1,4997 | 1,5100 | 47° 26′ | 74° 6′ |
| *C*: | 1,4983 | 1,5002 | 1,5105 | 47 24 | 74 0 |
| *Na*: | 1,5011 | 1,5031 | 1,5135 | 47 3 | 73 34 |
| *Tl*: | 1,5041 | 1,5060 | 1,5167 | 46 37 | 73 6 |
| *F*: | 1,5077 | 1,5098 | 1,5205 | 46 6 | 72 28 |
| *G*: | 1,5133 | 1,5152 | 1,5264 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung auf 75° werden die Brechungsindices um 0,0019 kleiner, $2E$ um 25′ größer.

## Cäsiummagnesiumselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2MgCs_2 . 6H_2O$.

Fig. 757.



Spec. Gew. 2,939 Tutton[40]).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,7314 : 1 : 0,4960$; $\beta = 106° 17'$ Tutton[67]).

Tutton (l. c. 540) beobachtete die Formen: $q\{011\}$, $c\{001\}$ mit stark wechselnder Größe; $p\{110\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $b\{010\}$ (Fig. 757).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p : p = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *70° 12′ |
| $p : c = (110) : (001) =$ | — | *76 44 |
| $q : c = (011) : (001) =$ | — | *25 29 |
| $r' : c = (\bar{2}01) : (001) =$ | 64° 31′ | 64 39 |
| $o' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 44 52 | 45 0 |
| $o' : o' = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 16 | 49 16 |
| $q : p = (011) : (110) =$ | 62 58 | 63 1 |
| $q : p = (011) : (\bar{1}10) =$ | 87 42 | 87 40 |
| $r' : p = (20\bar{1}) : (110) =$ | 52 23 | 52 16 |
| $o' : p = (11\bar{1}) : (1\bar{1}0) =$ | 87 26 | 87 17 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene für Wellenlängen $>$ 466 $b\{010\}$ und für Wellenlängen $<$ 466 senkrecht zu $\{010\}$; die 1. Mittellinie liegt immer in der Symmetrieebene und bildet im Mittel 126° 47′ mit der $c$-Axe und 20° 30′ mit der $a$-Axe (für Rot sind die Werte um 15′ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton für gewöhnliche Temperatur:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (beob. in Cedernöl, $n = 1,520$ für *Na*) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5143 | 1,5145 | 1,5201 | 20° 49′ | 30° 50′ |
| *C*: | 1,5148 | 1,5150 | 1,5206 | 20 34 | 30 24 |
| *Na*: | 1,5178 | 1,5179 | 1,5236 | 18 35 | 27 27 |
| *Tl*: | 1,5210 | 1,5211 | 1,5269 | 15 25 | 22 16 |
| *F*: | 1,5248 | 1,5248 | 1,5308 | 10 30 | 13 28 |
| *G*: | 1,5304 | 1,5305 | 1,5364 | 12 49 | 19 27 |

Axenwinkel 0° 0′ für Wellenlänge 466.

Bei Temperaturerhöhung um 55° werden die Brechungsindices um 0,0014 kleiner; der Axenwinkel wird 0° 0′ für *F*-Licht bei 34°, für *Tl* bei 60°, für *Na* bei 78°, für *C*-Licht bei 91° und für *Li* bei 94°.

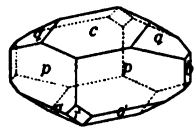
### Ammoniummagnesiumselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2Mg(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

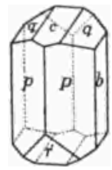
Spec. Gew. 2,058 Tutton[40]), 2,035 Topsøe[29]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,7420:1:0,4966;$$
$$\beta = 106^\circ 27'$$ Tutton[40]).

Fig. 758. Fig. 759.





Die Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $b\{010\}$, $r'\{20\bar{1}\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$ beobachteten sowohl Topsøe[29]) (l. c. 39) wie Tutton) (l. c. 1147 bzw. 346); nach Letzterem sind die Krystalle z. T. dicktafelig nach $c\{001\}$ (Fig. 758), z. T. mehr langprismatisch nach der $c$-Axe (Fig. 759). Tutton beobachtete außerdem einmal eine nicht meßbare Fläche von $s\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Topsøe: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 52′ | 70° 47′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 40 | 76 35 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 29 | 25 25 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64° 11′ | 64 15 | 64 11 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 36 | 44 36 | 44 51 |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 28 | 49 28 | 49 25 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 62 46 | 62 46 | 62 38 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 38 | 87 39 | 87 42 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 55 | 52 55 | 52 55 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 88 4 | 88 7 | 88 12 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton im Mittel 90° 13′ mit der $c$-Axe und 16° 14′ mit der $a$-Axe (für Rot sind die Werte um 17′ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Demselben:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5034 | 1,5056 | 1,5132 | 54° 57′ | 88° 12′ |
| *C*: | 1,5038 | 1,5060 | 1,5136 | 54 55 | 88 11 |
| *Na*: | 1,5070 | 1,5093 | 1,5169 | 54 47 | 88 4 |
| *Tl*: | 1,5104 | 1,5126 | 1,5202 | 54 33 | 87 53 |
| *F*: | 1,5144 | 1,5166 | 1,5242 | 54 4 | 87 25 |
| *G*: | 1,5205 | 1,5227 | 1,5305 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung auf 70° werden die Brechungsindices kleiner und zwar um 0,0009 für $\alpha$, 0,0017 für $\beta$ und 0,0016 für $\gamma$; $2E$ vermindert sich beim Erwärmen von 15° auf 75° um 12°.

Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 715 bzw. 73 bzw. 560) bestimmten nur $\beta$ direct, $\alpha$ und $\gamma$ indirect und fanden für *Na*:

$$\alpha = 1,5056; \quad \beta = 1,5075; \quad \gamma = 1,5150; \quad 2V = 53^\circ 44'; \quad 2E = 85^\circ 56';$$
$\beta = 1,5047$ für $C$ und $1,5146$ für $F$.

### Ammoniummanganoselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2Mn(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,093 Topsøe[29]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,7416:1:0,4979; \quad \beta = 106^\circ 14'$$ Topsøe[29]).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$ vorherrschend; $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$; nicht immer vorhanden sind: $b\{010\}$, $p'\{120\}$, $p'''\{130\}$ und die nur durch ihre Zonenbeziehungen bestimmten Formen $o'\{11\bar{1}\}$, $n'\{12\bar{1}\}$ (Topsøe l. c. 45).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 54′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 34 |
| $p''':p = (130):(110) =$ | 29 28 | 28 55 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 8 | 64 7 |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 50 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 33 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 62 54 | 62 51 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 26 | 87 26 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 49 | 52 51 |

Spaltbarkeit nicht deutlich.

### Kaliumferroselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2FeK_2 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7407:1:0{,}5007$; $\beta = 104°15'$ Topsøe[29]).

Topsøe (l. c. 48) beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $p\{110\}$, $b\{010\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $n'\{12\bar{1}\}$; neben dem gewöhnlich vorherrschenden $c\{001\}$ können auch noch $r'\{20\bar{1}\}$ und $q\{011\}$ ansehnliche Ausdehnung erreichen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 21′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *78 28 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | — | *63 1 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 85° 43′ | 85 30 |

Spaltbarkeit nicht deutlich.

### Ammoniumferroselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2Fe(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,160 Topsøe[29]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7405:1:0{,}5012$; $\beta = 106°13'$ Topsøe[29]).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $p\{110\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$. Die Krystalle sind stark verkürzt in der Richtung der $c$-Axe und werden oft auch tafelig nach $r'\{20\bar{1}\}$ (Topsøe l. c. 41).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 50′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | 76° 51′ | 76 54 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 42 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 25 | 64 24 |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 34 53 | 34 34 |
| $o':p = (11\bar{1}):(110) =$ | 58 14 | 57 59 |
| $q:p = (011):(110) =$ | — | *62 51 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 28 | 87 27 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 35 | 52 35 |
| $r':o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11) =$ | 35 10 | 34 56 |
| $r':q = (\bar{2}01):(011) =$ | 67 23 | 66 57 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 729 bzw. 83 bzw. 568) 96° 50′ mit der

$c$-Axe und 9° 23′ mit der $a$-Axe. Brechungsindices ($\beta$ direct, $\alpha$ und $\gamma$ indirect bestimmt) und Axenwinkel:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $C$: | $\alpha = 1{,}5177$ | $\beta = 1{,}5226$ | $\gamma = 1{,}5239$ |
| $D$: | 1,5201 | 1,5260 | 1,5356 |
| $F$: | 1,5263 | 1,5334 | 1,5436 |

$2V = 76°88'$; $2E = 142°50'$.

### Kaliumnickelselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2NiK_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,539 Topsøe und Christiansen[41]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7453:1:0{,}5060$; $\beta = 104°53'$ vom Rath[68]).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $p\{110\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 32′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *77 58 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 26° 3½′ | 26 0 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | — | *63 35 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 38½ | 63 36 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 86 1 | 86 7 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 26½ | 52 25 |
| $r':q = (\bar{2}01):(011) =$ | 66 26½ | 66 24 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe blau. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 728 bzw. 82 bzw. 568) 97° 56′ mit der $c$-Axe und 6° 57′ mit der $a$-Axe. Dieselben bestimmten den Brechungsindex $\beta$ direct, $\alpha$ und $\gamma$ indirect und fanden für $Na$:

$\alpha = 1{,}5199$; $\beta = 1{,}5248$; $\gamma = 1{,}5339$; $2V = 72°56'$; $2E = 129°56'$.
$\beta = 1{,}5207$ für $C$ und $1{,}5315$ für $F$.

### Ammoniumnickelselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2Ni(NH_4)_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,228 Topsøe[29]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7378:1:0{,}5042$; $\beta = 106°19'$ Topsøe[29]).

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$; untergeordnet und oft fehlend $p'\{120\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$ (Topsøe l. c. 39).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 36′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 25 |
| $p:c = (110):(001) =$ | 76 45 | 76 51 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 49 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 51 | 64 50 |
| $q:p = (011):(110) =$ | — | *62 44 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 24 | 87 23 |
| $p:o' = (110):(11\bar{1}) =$ | 58 1 | 58 5 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 18 | 52 26 |
| $r':q = (\bar{2}01):(011) =$ | 67 30 | 67 19 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

68) G. vom Rath, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1862, **115**, 484; **116**, 368.

Farbe smaragdgrün. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 726 bzw. 81 bzw. 567) 89° 24′ mit der $c$-Axe und 16° 55′ mit der $a$-Axe. Brechungsindices ($\beta$ direct, $\alpha$ und $\gamma$ indirect bestimmt) für $Na$:

$$\alpha = 1,5291; \quad \beta = 1,5372; \quad \gamma = 1,5466; \quad 2V = 86^\circ 14'.$$
$$\beta = 1,5334 \text{ für } C \text{ und } 1,5441 \text{ für } F.$$

### Kaliumkobaltoselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2CoK_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,514 Topsøe[29]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,7379:1:0,5056; \quad \beta = 104^\circ 10' \text{ Topsøe}^{29)}.$$

Beobachtete Formen: $p\{110\}$ und $q\{011\}$ stets vorherrschend; $c\{001\}$ bisweilen auch hervortretend; $r'\{20\bar{1}\}$, $b\{010\}$ (Topsøe l. c. 47).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 10′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *78 31 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 26° 7′ | 26 7 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63 26 | 63 21 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 64 14 | 64 16 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 85 34 | 85 33 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | — | *51 58 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$.

Farbe granatrot. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 724 bzw. 78 bzw. 566) 100° 45′ mit der $c$-Axe und 3° 25′ mit der $a$-Axe. Brechungsindices ($\beta$ direct, $\alpha$ und $\gamma$ indirect bestimmt) für $Na$:

$$\alpha = 1,5135; \quad \beta = 1,5195; \quad \gamma = 1,5358; \quad 2V = 63^\circ 52'; \quad 2E = 106^\circ 58'.$$
$$\beta = 1,5162 \text{ für } C \text{ und } 1,5270 \text{ für } F.$$

### Ammoniumkobaltoselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2Co(NH_4)_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,212 Topsøe[29]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,7414:1:0,5037; \quad \beta = 106^\circ 23' \text{ Topsøe}^{29)}.$$

Topsøe (l. c. 41) beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, untergeordnet $b\{010\}$, $o\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 51′ |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 43 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 47½ |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64° 40′ | 64 58 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 24 | 87 26 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 32 | 52 37 |
| $r':q = (\bar{2}01):(011) =$ | 67 20 | 67 11 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Farbe rubinrot. Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 722 bzw. 78 bzw. 564) 92° 41 mit der $c$-Axe und 13° 42′ mit der $a$-Axe. Brechungsindices ($\beta$ direct, $\alpha$ und $\gamma$ indirect bestimmt) für $Na$:

$$\alpha = 1,5246; \quad \beta = 1,5311; \quad \gamma = 1,5396; \quad 2V = 82^\circ 1'.$$
$$\beta = 1,5280 \text{ für } C, \ 1,5392 \text{ für } F \text{ und } 1,5455 \text{ für } G'.$$

**Kaliumcupriselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2CuK_2 \cdot 6H_2O$.**

Spec. Gew. 2,527 Topsøe[29]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7489:1:0{,}5230; \quad \beta = 103^\circ 19' \text{ Topsøe}^{29}).$$

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, untergeordnet $a\{100\}$ und $p'\{120\}$ (Topsøe l. c. 50).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *72° 10′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 20 0 |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *79 16 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 26 58 | 26 20 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 78 9 | 78 5 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63 29 | 63 38 |
| $q:p = (011):(110) =$ | — | *64 20 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 84 12 | 84 31 |
| $r':q = (\bar{2}01):(011) =$ | 66 33 | 66 44 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 733 bzw. 86 bzw. 571) 10° 53′ mit der $c$-Axe und 92° 26′ mit der $a$-Axe. Dieselben bestimmten die Brechungsindices $\alpha$ und $\gamma$ indirect, $\beta$ direct und fanden für $Na$:

$$\alpha = 1{,}5096; \quad \beta = 1{,}5235; \quad \gamma = 1{,}5387; \quad 2V = 88^\circ 12'.$$
$$\beta = 1{,}5203 \text{ für } C \text{ und } 1{,}5320 \text{ für } F.$$

**Ammoniumcupriselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2Cu(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.**

Spec. Gew. 2,221 Topsøe[29]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7488:1:0{,}5126; \quad \beta = 105^\circ 32\tfrac{1}{2} \text{ Topsøe}^{29}).$$

Beobachtete Formen: $p\{110\}$ und $c\{001\}$ vorherrschend; untergeordnet $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $p'\{120\}$, $o'\{11\bar{1}\}$; $b\{010\}$ war nur schwach angedeutet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 37′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 26′ | 18 37 |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *77 27 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 26 17 | 25 28 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 22 | 64 34 |
| $q:p = (011):(110) =$ | 63 0 | 62 39 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 86 19 | 86 4 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | — | *52 23 |
| $r':q = (\bar{2}01):(011) =$ | 67 10 | 67 38 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 732 bzw. 85 bzw. 570) 12° 20½′ mit der $c$-Axe und 93° 12′ mit der $a$-Axe. Brechungsindices ($\beta$ direct, $\alpha$ und $\gamma$ indirect bestimmt) für $Na$:

$$\alpha = 1{,}5213; \quad \beta = 1{,}5355; \quad \gamma = 1{,}5395; \quad 2V = 55^\circ 24'; \quad 2E = 91^\circ 6'.$$
$$\beta = 1{,}5317 \text{ für } C \text{ und } 1{,}5437 \text{ für } F.$$

### Kaliumzinkselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2ZnK_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,558 Tutton[40]) (l. c. 1163 bzw. 360), 2,538 Topsøe[29]) (l. c. 49).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7458:1:0,5073; \quad \beta = 104^\circ 12'$ Tutton[69]).

Die herrschenden Formen, welche auch Topsøe[29]) beobachtete, sind $c\{001\}$ und $p\{110\}$ neben $q\{011\}$ und $r'\{20\bar{1}\}$. Tutton fügt dazu noch als untergeordnet und nicht immer vorhanden $o'\{11\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$ und die seltene Form $p'\{120\}$ (s. Fig. 743, 728, 729, 732, 733, S. 533, 523, 525).

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Topsøe: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71°44′ | 71°38′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19°28′ | 19 23 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 75 48 | 75 45 | — |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *78 32 | 78 30 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *26 8 | 26 7 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63 12 | 63 15 | 63 24 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 38 | 44 39 | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | 64 7 | 64 9 | 64 5 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 85 26 | 85 29 | 85 22 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 17 | 52 17 | 52 24 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 86 50 | 86 43 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[69]) im Mittel 99°9′ mit der $c$-Axe und 5°3′ mit der $a$-Axe (letzterer Wert ist um höchstens 5′ für Rot kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5087 | 1,5146 | 1,5297 | 66°12′ | 111°54′ |
| *C*: | 1,5092 | 1,5151 | 1,5302 | 66 13 | 111 58 |
| *Na*: | 1,5121 | 1,5181 | 1,5335 | 66 15 | 112 17 |
| *Tl*: | 1,5151 | 1,5212 | 1,5369 | 66 17 | 112 39 |
| *F*: | 1,5189 | 1,5252 | 1,5410 | 66 20 | 113 3 |
| *G*: | 1,5244 | 1,5307 | 1,5471 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung von 15° auf 60° werden die Brechungsexponenten um 0,0020 kleiner; $2E$ vergrößert sich bei Temperaturerhöhung auf 65° um $2\frac{1}{2}$°.

Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 720 bzw. 77 bzw. 563) bestimmten die Brechungsindices $\alpha$ und $\gamma$ indirect, $\beta$ direct und fanden für *Na*:

$\alpha = 1,5115; \quad \beta = 1,5177; \quad \gamma = 1,5327; \quad 2V = 66^\circ 8'; \quad 2E = 111^\circ 50'.$

$\beta = 1,5148$ für *C*, $1,5252$ für *F* und $1,5308$ für *G*.

### Rubidiumzinkselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2ZnRb_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,868 Tutton[40]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7431:1:0,5019; \quad \beta = 105^\circ 16'$ Tutton[69]).

Die gewöhnliche Combination nach Tutton (l. c. 66 bzw. 8), ähnlich Fig. 743 S. 533, zeigt die Formen $p\{110\}$, $c\{001\}$ in stark wechselnder Größe; $q\{011\}$, $r\{20\bar{1}\}$; die übrigen Formen $b\{010\}$, $o'\{11\bar{1}\}$, $n'\{12\bar{1}\}$ und insbesondere $a\{100\}$ waren immer untergeordnet und z. T. selten beobachtet.

69) Tutton, Proceed. Roy. Soc. Lond. 1900, **67**, 60. Zeitschr. f. Krystall. 1900, **33**, 3.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 15′ |
| $p:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *77 39 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | — | *25 50 |
| $r':c$ | $= (\bar{2}01):(001) =$ | 63° 42′ | 63 53 |
| $o':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 44 38 | 44 45 |
| $o':o'$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 32 | 49 34 |
| $q:p$ | $= (011):(110) =$ | 63 30 | 63 38 |
| $q:p$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 86 30 | 86 37 |
| $q:n'$ | $= (011):(\bar{1}21) =$ | 35 33 | 35 46 |
| $r':p$ | $= (\bar{2}01):(110) =$ | 52 32 | 52 21 |
| $o':p$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 21 | 87 15 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet im Mittel 103° 13′ mit der $c$-Axe und 2° 3′ mit der $a$-Axe (für Rot ist letzterer Wert um 4′—5′ kleiner als für Blau). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton[69]:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5129 | 1,5188 | 1,5294 | 75° 16′ | 137° 28′ |
| *C*: | 1,5134 | 1,5193 | 1,5299 | 75 14 | 137 34 |
| *Na*: | 1,5162 | 1,5222 | 1,5331 | 75 8 | 138 0 |
| *Tl*: | 1,5194 | 1,5253 | 1,5365 | 75 2 | 138 26 |
| *F*: | 1,5233 | 1,5293 | 1,5405 | 74 55 | 139 0 |
| *G*: | 1,5288 | 1,5351 | 1,5466 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung auf 60° werden die Brechungsindices um 0,0018 kleiner; $2E$ nimmt von 10,5° auf 60,5° zu um 30′.

### Cäsiumzinkselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2ZnCs_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 3,121 Tutton[40]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}7314:1:0{,}4971;\quad \beta = 106^\circ 11'$$ Tutton[69]).

Die gewöhnlichen Formen sind $q\{011\}$, welches immer vorherrscht, $p\{110\}$, $o'\{11\bar{1}\}$ und $r'\{20\bar{1}\}$, diese in sehr wechselnder Größe; $c\{001\}$ ist fast immer nur schmal, während $b\{010\}$ und insbesondere $m\{021\}$ nur gelegentlich beobachtet wurden (Tutton l. c. 72 bzw. 14).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:p$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 7′ |
| $p:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *76 49 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | — | *25 31 |
| $r':c$ | $= (\bar{2}01):(001) =$ | 64° 36′ | 64 45 |
| $o':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 44 57 | 45 0 |
| $q:p$ | $= (011):(110) =$ | 63 5 | 63 7 |
| $q:p$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 87 37 | 87 39 |
| $r':p$ | $= (20\bar{1}):(110) =$ | 52 15 | 52 12 |
| $o':p$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 17 | 87 12 |
| $o':m$ | $= (\bar{1}11):(021) =$ | 36 54 | 36 56 |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet im Mittel 111° 57′ mit der $c$-Axe und 5° 46′ mit der $a$-Axe (für Rot sind die

Werte um 5′ kleiner als für Grün). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton[69]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5290 | 1,5326 | 1,5375 | 83° 33′ | 164° 5′ |
| *C*: | 1,5295 | 1,5331 | 1,5380 | 83 30 | 164 22 |
| *Na*: | 1,5326 | 1,5362 | 1,5412 | 83 6 | 166 6 |
| *Tl*: | 1,5358 | 1,5394 | 1,5446 | 82 43 | 167 52 |
| *F*: | 1,5399 | 1,5435 | 1,5488 | 82 14 | — |
| *G*: | 1,5459 | 1,5495 | 1,5549 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung von 15° auf 60° werden die Brechungsindices um 0,0015 kleiner; $2E$ nimmt um ungefähr 3° ab.

### Ammoniumzinkselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2Zn(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,261 Tutton[40]), 2,200 Topsøe[29]).
Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 0{,}7409 : 1 : 0{,}5040; \quad \beta = 106^\circ 14' \text{ Tutton}^{40)}.$$

Fig. 760.

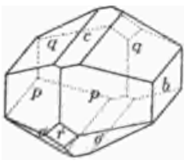
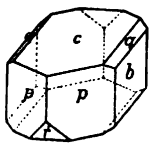



Fig. 761.




Die Krystalle, deren Habitus stark wechselt, zeigen nach Topsøe[29]) (l. c. 42) die Formen $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$, $p'\{120\}$. Tutton (l. c. 1154 bzw. 352) fügte dazu noch $o'\{11\bar{1}\}$ und konnte $p'\{120\}$ nur einmal beobachten; an manchen seiner gemessenen Krystalle erlangte auch $b\{010\}$ (Fig. 760 und 761) eine beträchtliche Ausdehnung.

| | Berechnet: | Beobachtet: Tutton: | Topsøe: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 52′ | 70° 55′ |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19° 28′ | 19 25 | 19 30 |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 50 | 76 45 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 50 | 25 50 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 36 | 64 38 | 64 36 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 45 6 | 45 7 | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | 62 46 | 62 46 | 62 45 |
| $q:p = (011):(\bar{1}10) =$ | 87 16 | 87 17 | 87 14 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 29 | 52 27 | 52 32 |
| $o':p = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 87 43 | 87 41 | — |

Spaltbarkeit nach $r'\{20\bar{1}\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Tutton[40]) im Mittel 93° 24′ mit der $c$-Axe und 12° 50′ mit der $a$-Axe (letzterer Wert ist für *Li*-Licht um 12′ kleiner als für *F*-Licht). Brechungsindices und Axenwinkel nach Tutton:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_a$ u. $2H_o$) | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5201 | 1,5260 | 1,5344 | 82° 5′ | 167° 30′ |
| *C*: | 1,5206 | 1,5265 | 1,5349 | 82 5 | 167 50 |
| *Na*: | 1,5240 | 1,5300 | 1,5385 | 82 7 | 170 0 |
| *Tl*: | 1,5273 | 1,5334 | 1,5420 | 82 9 | 172 0 |
| *F*: | 1,5316 | 1,5378 | 1,5463 | 82 10 | 174 30 |
| *G*: | 1,5381 | 1,5443 | 1,5529 | — | — |

Bei Temperaturerhöhung auf 70° werden die Brechungsindices um 0,0011 bis 0,0018 kleiner; $2E$ wird um $6\frac{1}{2}$° kleiner bei Erwärmung von 15° auf 80°.

Topsøe und Christiansen[41]) (l. c. 719 bzw. 76 bzw. 562) haben die Brechungsindices $\alpha$ und $\gamma$ direct, $\beta$ indirect bestimmt und gefunden (für $Na$):

$$\alpha = 1{,}5233;\quad \beta = 1{,}5292;\quad \gamma = 1{,}5372;\quad 2V = 81°22';\quad 2E = 171°20'.$$

$$\beta = 1{,}5259 \text{ für } C \text{ und } 1{,}5360 \text{ für } F.$$

### Thalliumzinkselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2ZnTl_2 . 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7442:1:0{,}5036$; $\beta = 105°51'$ Werther[51]) (l. c. 352).

Nach Werther zeigen die Krystalle dieselben Formen wie das entsprechende Sulfat außer $r'\{20\bar{1}\}$, nämlich $p\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, untergeordnet $b\{010\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | 71°12' |
| $p:c = (110):(001) =$ | 77 10 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 25 51 |

### Ammoniumcadmiumselenat-Hexahydrat = $(SeO_4)_2Cd(NH_4)_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 2,307 Topsøe[29]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7388:1:0{,}5001$; $\beta = 106°4\frac{1}{2}'$ Topsøe[29]).

Die gewöhnlich herrschenden Formen sind $c\{001\}$, wonach die Krystalle oft tafelig sind, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $r'\{20\bar{1}\}$; untergeordnet können dazu noch $o'\{11\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $p'\{120\}$, $p'''\{130\}$ treten (Topsøe l. c. 46).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0) =$ | 70°44' | 70°33' |
| $p':p = (120):(110) =$ | 19 28 | 19 23 |
| $p'':p''' = (120):(130) =$ | 10 1 | 10 10 |
| $p:c = (110):(001) =$ | — | *76 57 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *25 40 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 64 21 | 64 23 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 47 | — |
| $o':o' = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 51 | — |
| $q:p = (011):(110) =$ | — | *62 59 |
| $r':p = (20\bar{1}):(110) =$ | 52 31 | 52 32 |
| $r':q = (\bar{2}01):(011) =$ | 67 2 | 67 2 |
| $p''':q = (130):(011) =$ | 60 7 | 60 1 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

### Isomorphe Mischungen von Ammoniummagnesiummolybdat-Hexahydrat und Ammoniummagnesiumsulfat-Hexahydrat = $[(Mo,S)O_4]_2Mg(NH_4)_2 . 6H_2O$.

Dargestellt von Ullik[33]), gemessen von Zepharovich[32]).

I. Mischung mit 38,5% $MoO_3$ und 16,4% $SO_3$.

Kurze Prismen, gebildet von $c\{001\}$ und $r'\{20\bar{1}\}$, begrenzt von $b$; untergeordnet $q\{011\}$ und ganz zurücktretend $p\{110\}$.

II. Mischung mit 9,3% $MoO_3$ und 37,4% $SO_3$.

Tafeln nach $c\{001\}$, nach der $b$-Axe verlängert, mit $r'\{20\bar{1}\}$ und $q\{011\}$, untergeordnet $p\{110\}$ und $o'\{11\bar{1}\}$.

III. Mischung mit 3,5% $MoO_3$ und 41,7% $SO_3$.

Große wasserhelle Krystalle mit den Formen: $c\{001\}$ vorherrschend, $r'\{20\bar{1}\}$, $q\{001\}$, $p\{110\}$, $o'\{11\bar{1}\}$.

Beobachtete Winkel:

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 73° | — | 71°58′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | 25 55′ | 24°46′ | 24 34 |
| $\varrho':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 63 46 | 64 26 | 64 40 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | 75 44 | 75 46 |
| $o':c = (11\bar{1}):(001) =$ | — | 44 34 | 44 41 |

### Kaliumdiuranylchromat-Hexahydrat = $(CrO_4)_2(UO_2)_2K_2 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7566:1:0{,}9714$; $\beta = 107°22'$ Vrba[70]).

Das von Formánek[70]) dargestellte Salz bildet gypsähnliche Krystalle mit den Formen $b\{010\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, nach $b$ dicktafelig, zuweilen Zwillinge nach $a\{100\}$; die Flächen sind meist gekrümmt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *54°10′ |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *47 10 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *54 52 |
| $q:\underline{q} = (011):(\underline{0\bar{1}\bar{1}}) =$ | 25°17′ | 25 30 |

### Ammoniumdiuranylchromat-Hexahydrat = $(CrO_4)_2(UO_2)_2(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}8016:1:1{,}0196$; $\beta = 107°29'$ Vrba[70]).

Das von demselben Chemiker erhaltene Salz bildet nach Vrba ähnliche Krystalle, wie das vorige, nur fehlt $a\{100\}$ und Zwillinge wurden nicht beobachtet.

$m:b = (110):(010) = $ *52°36′ beob.
$q:b = (011):(010) = $ *45 48 »
$q:m = (011):(110) = $ *53 31 »

## Doppelsulfate, -chromate usw. von drei- und einwertigen Metallen und analogen Atomgruppen.

Über hierher gehörige wasserfreie normale Doppelsulfate liegen keine krystallographischen Untersuchungen vor, abgesehen von einigen Notizen über das Aussehen von solchen Salzen, welche sich bei gewissen mikrochemischen Reactionen in, wie es scheint, hexagonalen Krystallen bilden. Ebenso sind die Angaben von Högbom[1]) über die tetragonale Krystallform der von ihm dargestellten Doppelwolframate des Natriums mit den Metallen der seltenen Erden nicht verwertbar.

70) Formánek (Messungen von Vrba), Ann. d. Chemie 1890, 257, 105.

1) Högbom, Öfv. Vet. Akad. Förh. Stockholm 1884, 5, 111. Bull. soc. chim. Paris 1884, (2) 42, 2. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 10, 522.

Den niedrigsten Wassergehalt besitzen von den normalen Salzen das monokline **Thallocerosulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_2CeTl.2H_2O$ und das trigonale Mineral Ferronatrit, ein **Natriumferrisulfat-Trihydrat** = $(SO_4)_3FeNa_3.3H_2O$.

Verbindungen normaler Doppelsulfate mit 4 Mol. $H_2O$ sind folgende untersucht worden: **Natriumplatinsulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_2PtNa.4H_2O$, welches monoklin krystallisiert; ebenfalls monoklin, aber davon verschieden, sind die Krystallformen der drei isomorphen Salze: **Ammoniumlanthansulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_2LaNH_4.4H_2O$, **Ammoniumcerosulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_2CeNH_4.4H_2O$ und **Ammoniumdidymsulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_2DiNH_4.4H_2O$; endlich krystallisiert auch **Ammoniumthallisulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_2TlNH_4.4H_2O$ monoklin, ohne indes (soweit sich aus den zweifellos fehlerhaften Angaben ersehen läßt) eine Übereinstimmung mit den vorhergehenden Salzen erkennen zu lassen.

Die dem oben genannten Didymsalze entsprechenden Selenate krystallisieren mit 5 Mol. $H_2O$; es sind von ihnen krystallographisch untersucht worden: das monokline **Kaliumdidymselenat-Pentahydrat** = $(SO_4)_2DiK.5H_2O$ und das rhombische **Ammoniumdidymselenat-Pentahydrat** = $(SO_4)_2DiNH_4.5H_2O$; offenbar handelt es sich hier, wie bei so vielen Kalium- und Ammoniumsalzen, um zwei isodimorphe Körper, was leicht durch Mischungsversuche nachzuweisen gewesen wäre.

Die Sulfate der Alkylderivate des Ammoniums bilden mit Aluminiumsulfat mehrere gut krystallisierte Doppelsalze, von welchen aber nur von dem monoklinen **Tetraäthylammoniumaluminiumsulfat-Hexahydrat** = $(SO_4)_2AlN(C_2H_5)_4.6H_2O$ der Wassergehalt sicher bestimmt werden konnte, während bei den übrigen dies wegen ihrer leichten Veränderlichkeit nicht möglich war; es sind folgende: **Dimethylammoniumaluminiumsulfat-Hepta(?)hydrat** = $(SO_4)_2AlNH_2(CH_3)_2.7(?)H_2O$, **Diäthylammoniumaluminiumsulfat-Okto(?)hydrat** = $(SO_4)_2AlNH_2(C_2H_5)_2.8(?)H_2O$ und **Äthylammoniumaluminiumsulfat-Deka(?)hydrat** = $(SO_4)_2AlNH_3C_2H_5.10(?)H_2O$; diese Körper krystallisieren sämtlich triklin; der erste und dritte zeigen in bezug auf einige Winkel Ähnlichkeit, welche aber bei dem jedenfalls verschiedenen Wassergehalte derselben nicht auf einer Verwandtschaft ihrer Krystallformen beruhen dürfte.

Den höchsten Wassergehalt, 12 Mol., besitzen die sogenannten **Alaune**, welche eine umfangreiche isomorphe Gruppe kubisch krystallisierter Körper bilden, deren dyakisdodekaëdrische Symmetrie besonders bei den Cäsiumsalzen durch die gewöhnliche Ausbildung des Pentagondodekaëders {210} hervortritt. Der Unterschied, welchen im allgemeinen die Natriumverbindungen von denen der übrigen Alkalimetalle zeigen, tritt auch hier noch hervor, indem der Natronalaun, **Natriumaluminiumsulfat-Dodekahydrat** = $(SO_4)_2AlNa.12H_2O$ zwar in Oktaëdern krystallisiert, wie der Kalialaun, aber, wie Krickmeyer[2]) nachgewiesen hat, keine isomorphen Mischungen

2) Krickmeyer, Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **21**, 78. Ausz. Zeitschr. f. Kryst. **30**, 636.

mit diesem bildet und auch in seiner Krystallisationsfähigkeit und besonders in seinen Volumenverhältnissen merklich abweicht; nach Pettersson[3]) bilden nämlich die Alaune mit $K$, $NH_4$, $Rb$ und $Cs$ eine Reihe, deren Äquivalentvolumina regelmäßig zunehmen, ebenso bei Ersetzung des Schwefels durch Selen; der Natronalaun verhält sich jedoch umgekehrt, indem sein Volumen größer ist, als das der entsprechenden Selenverbindung. Ferner wurde einmal ein monoklin krystallisierendes Salz beobachtet, dessen Zusammensetzung bis auf eine sehr kleine Differenz im Wassergehalte ebenso gefunden wurde, während bei keinem der übrigen Glieder dieser Gruppe Andeutungen der Existenz einer heteromorphen Modification vorliegen; ob der natürliche Natronalaun, der Mendozit, welcher ebenfalls einen etwas geringeren Wassergehalt zeigt, mit jenem monoklinen Salze identisch ist, kann nicht entschieden werden, da er nur in faserigen Aggregaten vorkommt. Während über die Eigenschaften der Natronalaune überhaupt nur wenige Untersuchungen vorliegen, ist deren Zahl um so größer für den gewöhnlichen Kalialaun, das **Kaliumaluminiumsulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2AlK.12H_2O$. Namentlich die Verhältnisse des Wachstums und der Auflösung wurden eingehend studiert von Klocke[4]), Knop[5]), Wulff[6]), Rauber[7]), Weyberg[8]), Przibram[9]), Körbs[10]) und Rota[11]). Von **Rubidium- und Cäsiumaluminiumsulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2AlRb.12H_2O$ und $(SO_4)_2AlCs.12H_2O$ sind Form und Brechbarkeit untersucht; letztere Verbindung zeichnet sich besonders durch das Auftreten des Pentagondodekaëders in den Combinationen aus. Das **Ammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2AlNH_4.12H_2O$ findet sich auch in der Natur als Tschermigit; seine isomorphen Mischungen mit dem Kalialaun bilden nach Krickmeyer[2]) (l. c. 62) eine continuierliche Reihe, in welcher das specifische Gewicht innerhalb der Fehlergrenzen proportional mit dem Gehalte an Kaliumsalz zunimmt. **Hydroxylaminaluminiumsulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2AlNH_2(OH)H.12H_2O$ krystallisiert nach Meyeringh[12]) in Oktaëdern oder Combinationen mit dem Hexaëder. **Methylammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat** (Methylaminalaun) $= (SO_4)_2AlNH_3(CH_3).12H_2O$, dargestellt von Alth[13]), bildet nach Schabus[14]) Oktaëder, zuweilen mit

3) Pettersson, N. Acta Soc. Upsal. 1873—76. Ber. d. d. chem. Ges. 1876, **9**, 1561 und 1882, **15**, 1739.

4) Klocke, Zeitschr. f. Krystall. 1878, **2**, 552 und 1880, **4**, 76.

5) Knop, Zeitschr. f. Krystall. 1880, **4**, 260.

6) L. Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1881, **5**, 81.

7) Rauber, Die Regeneration der Krystalle, Leipzig 1895, Forts. m. Atlas, Dorpat 1896—1904. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 409; **36**, 538; **48**, 78.

8) Weyberg, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **36**, 40.

9) Przibram, Zeitschr. f. Krystall. 1905, **40**, 578.

10) Körbs, Zeitschr. f. Krystall. 1907, **43**, 41.

11) Rota, Rendic. Accad. Lincei. Roma 1898, (5) **7**, II, 125. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 507.

12) Meyeringh, Ber. d. d. chem. Ges. 1877, **10**, 1946.

13) Alth, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1854, **12**, 664. Ann. d. Chemie **91**, 174

14) Schabus, Best. d. Krystallgest. i. chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 12.

Flächen von {100}, mit unvollkommener oktaëdrischer Spaltbarkeit. **Äthylammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat** (Äthylaminalaun) $= (SO_4)_2AlNH_3(C_2H_5).12H_2O$, dargestellt und untersucht von Denselben, hat ähnliche Eigenschaften, zeigt aber nur {111}. **Trimethylammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat** (Trimethylaminalaun) $= (SO_4)_2AlNH(CH_3)_3.12H_2O$ zeigt nach Schabus {111}, untergeordnet auch {100}, und zuweilen Zwillinge nach {111}, mit unvollkommener oktaëdrischer Spaltbarkeit (in der Krystallsammlung der Univ. München befindet sich eine ausgezeichnete Combination des Pentagondodekaëders {210} mit {111} und schmalen Flächen von {100}). **Amylammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat** (Amylaminalaun) $= (SO_4)_2AlNH_3(C_5H_{11}).12H_2O$, wie die Methylaminverbindung von Alth dargestellt und von Schabus untersucht, stimmt mit dieser auch in Form und Eigenschaften überein. Von dem Alaune des activen Amylamines gibt Le Bel[15]) an, daß er die Polarisationsebene des Lichtes drehe, derselbe muß daher der tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen Klasse des kubischen Krystallsystemes angehören. Die gleiche Symmetrie besitzen nach den Ätzfiguren auch die oktaëdrischen Krystalle an **Coniinaluminiumsulfat-Dodekahydrat** (Coniinalaun) $= (SO_4)_2AlNC_8H_{18}.12H_2O$, in denen jedoch Traube[16]), welcher sie untersuchte, kein Drehungsvermögen nachweisen konnte. Endlich wurde von Panebianco[17]) auch **Tribenzylammoniumalumininiumsulfat-Dodekahydrat** (Tribenzylaminalaun) $= (SO_4)_2AlNH(C_7H_7)_3.12H_2O$ dargestellt; das Salz krystallisiert in Oktaëdern und Kubooktaëdern und spaltet unvollkommen nach {111}. Nach diesen Beispielen, denen sich der in der Krystallsammlung der Universität München in schönen Kubooktaëdern vorhandene Cholinalaun (Trimethyläthoxyliumaluminiumsulfat-Dodekahydrat $= (SO_4)_2AlN(CH_3)_3C_2H_4OH.12H_2O$) anreihen läßt, scheint es, daß der Wasserstoff im Ammoniumalaun durch die mannigfaltigsten organischen Radicale ohne Änderung der Krystallform ersetzt werden kann; es wäre von Interesse, die Kenntnis dieser Körper zu vervollständigen, besonders in bezug auf ihre Äquivalentvolumina und ihre Mischbarkeit. Den Thonerdealaunen der Alkalien schließt sich endlich als unzweifelhaft mit ihnen isomorph an der Thalliumalaun, **Thalloaluminiumsulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2AlTl.12H_2O$; Mischungen desselben mit Kaliumalaun zeigen nach Fock[18]) Brechungsindices, welche sich nicht proportional mit der Zusammensetzung ändern und besonders bei den thalliumreichen Mischungen starke Abweichungen zeigen, während das specifische Gewicht in dieser Mischungsreihe nach Retgers' Untersuchung[19])

---

15) Le Bel, Ber. d. d. chem. Ges. 1872, **5**, 391.

16) Traube, N. Jahrb. f. Min. usw. 1895, Beil.-Bd. **9**, 625. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 531.

17) Panebianco, Gazz. chim. ital. 1878, **8**, 359. Zeitschr. f. Krystall. 1878, **2**, 627.

18) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1880, **4**, 592.

19) Retgers, Zeitschr. f. physik. Chemie 1889, **3**, 497. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 625.

eine regelmäßige Abhängigkeit von dem Gehalte an den beiden Componenten erkennen läßt. Was die Äquivalentvolumina und dementsprechend die Dimensionen der kubischen Raumeinheit der verschiedenen Aluminiumalaune betrifft, so gilt für diese das gleiche Gesetz, wie für die einfachen Sulfate der Alkalien (S. 323), daß jene Größen bei der Ersetzung des Kaliums durch Rubidium bzw. Cäsium dem Atomgewichte des Metalles entsprechend zunehmen, daß der Wert für das Ammoniumsalz zwischen denen für Kalium- und Rubidiumalaun liegt, während derjenige für die Thalliumverbindung noch kleiner ist, als beim Ammoniumalaun. Dieses und ein analoges Verhalten auch derjenigen Alaune, welche andere dreiwertige Metalle enthalten, wurde zuerst nachgewiesen von Soret, dem wir eingehende Untersuchungen über die Alaungruppe, besonders über die Brechbarkeit ihrer einzelnen Glieder, verdanken.

Die mit dem Scandium beginnende Gruppe dreiwertiger Metalle der seltenen Erden, welche sich in gewissem Sinne mehr an das Bor, als an das Aluminium anschließt, bildet bekanntlich keine Alaune. Dagegen kann das Aluminium in den Alaunen isomorph vertreten werden durch die in der Größe des Atomgewichtes auf das Scandium folgenden Elemente, nämlich durch dreiwertiges Titan und Vanadium; dies wurde nachgewiesen von Piccini, welcher fand, daß die Kalium- und Ammoniumalaune dieser Elemente weit schwieriger darzustellen seien, als die Rubidium- und Cäsiumverbindungen, und von dem in Lösungen sehr unbeständigen $Ti_2O_3$ gelang ihm nur die Darstellung der letzteren: **Rubidium-** und **Cäsiumtitanosulfat-Dodekahydrat** = $(SO_4)_2TiRb.12H_2O$ und $(SO_4)_2TiCs.12H_2O$, während von den Vanadinalaunen die vollständige Reihe vorliegt, nämlich: **Kalium-, Cäsium-, Ammonium-** und **Thallovanadiosulfat-Dodekahydrat** = $(SO_4)_2VK.12H_2O$, $(SO_4)_2VRb.12H_2O$, $(SO_4)_2VCs.12H_2O$, $(SO_4)_2VNH_4.12H_2O$ und $(SO_4)_2VTl.12H_2O$. Im Gegensatze zu den vorhergehenden Elementen bildet das folgende, das Chrom, alaunartige Verbindungen mit größter Leichtigkeit, und durch besondere Krystallisationsfähigkeit zeichnet sich aus der gewöhnliche Chromalaun, **Kaliumchromisulfat-Dodekahydrat** = $(SO_4)_2CrK.12H_2O$, über welchen daher mehrfache krystallochemische Untersuchungen vorliegen. Die isomorphen Salze: **Rubidium-, Cäsium-** und **Ammoniumchromisulfat-Dodekahydrat** = $(SO_4)_2CrRb.12H_2O$, $(SO_4)_2CrCs.12H_2O$ und $(SO_4)_2CrNH_4.12H_2O$ zeigen eine regelmäßige Zunahme ihrer Dichte mit dem Molekulargewichte, nicht aber eine gleiche Regelmäßigkeit in bezug auf ihre Brechbarkeit, während das **Thallochromisulfat-Dodekahydrat** = $(SO_4)_2CrTl.12H_2O$ wiederum einen seinem Molekulargewichte entsprechenden hohen Brechungsindex besitzt. Zu den Chromalaunen ist noch zu bemerken, daß der Natriumchromalaun aus saurer Lösung gut krystallisieren soll, und daß Meyeringh[12]) auch die Hydroxylaminverbindung in Oktaëdern erhalten hat. Den Alaunen des Titans verhalten sich diejenigen des dreiwertigen Mangans insofern analog, als die von Mitscherlich angegebenen Salze $(SO_4)_2MnK.12H_2O$ und

$(SO_4)_2MnNH_4.12H_2O$ so unbeständig sind, daß ihre Existenz bezweifelt worden ist, während **Rubidium- und Cäsiummanganisulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2MnRb.12H_2O$ und $(SO_4)_2MnCs.12H_2O$ beständiger sind; ersteres wurde von Christensen[20]), letzteres von demselben und bereits vorher von Piccini in roten Oktaëdern dargestellt. Vollständig bekannt ist dagegen wieder die Reihe der Alaune des dreiwertigen Eisens, und es ist hier, wie bei denen des Chroms, von Soret die gleiche Gesetzmäßigkeit nachgewiesen, wie bei den entsprechenden Aluminiumverbindungen (s. S. 556); es wurden folgende untersucht: **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-, Ammonium- und Thalloferrisulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2FeK.12H_2O$, $(SO_4)_2FeRb.12H_2O$, $(SO_4)_2FeCs.12H_2O$, $(SO_4)_2FeNH_4.12H_2O$ und $(SO_4)_2FeTl.12H_2O$. Außerdem hat Meyeringh[12]) (l. c. 1947) den Hydroxylamineisenalaun in schönen Oktaëdern erhalten, und Traube[16]) das **Coniinferrisulfat-Dodekahydrat** (Coniinalaun) $= (SO_4)_2FeNC_8H_{18}.12H_2O$ in großen farblosen Oktaëdern, selten klein {100}, welche nach ihren Ätzfiguren der tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen Symmetrieklasse angehören, aber ein Drehungsvermögen nicht erkennen lassen; mit Kaliumchromalaun bildet letzterer keine isomorphen Mischungen. Von den beiden dem Eisen nächstehenden Metallen Nickel und Kobalt besitzt bekanntlich nur das letztere die Fähigkeit, in dreiwertiger Form beständige Salze, hauptsächlich complexe, zu bilden, und es ist daher nur von diesem ein Alaun bekannt, das **Kaliumkobaltisulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2CoK.12H_2O$, welches nach Copaux[21]) in Oktaëdern krystallisiert.

Entsprechend der Beziehung, welche das Gallium zum Aluminium zeigt, bildet es beständige Verbindungen von der Zusammensetzung der Alaune, nämlich **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-, Ammonium- und Thallogalliumsulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2GaK.12H_2O$, $(SO_4)_2GaRb.12H_2O$, $(SO_4)_2GaCs.12H_2O$, $(SO_4)_2GaNH_4.12H_2O$ und $(SO_4)_2GaTl.12H_2O$, welche nach Soret ähnliche Gesetzmäßigkeit ihrer Volumen- und Brechungsverhältnisse zeigen, wie die übrigen vollständig untersuchten analogen Salze. Zwischen diese und die Alaune des nächstverwandten Elementes Indium schieben sich nun wieder, wie die der Eisengruppe, solche eines Gliedes der ersten Gruppe der Platinmetalle ein, nämlich **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-, Ammonium- und Thallorhodiumsulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2RhK.12H_2O, (SO_4)_2RhRb.12H_2O, (SO_4)_2RhCs.12H_2O, (SO_4)_2RhNH_4.12H_2O$ und $(SO_4)_2RhTl.12H_2O$; von diesen durch Piccini und Marino[22]) dargestellten Verbindungen krystallisiert das Kaliumsalz in braungelben Oktaëdem; die übrigen sind von Bartalini auch in bezug auf ihre Brechbarkeit untersucht worden. Vollständiger bekannt sind die Eigenschaften folgender drei Indiumalaune: **Rubidium-, Cäsium- und Ammoniumindiumsulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2InRb.12H_2O$, $(SO_4)_2InCs.12H_2O$ und

20) Christensen, Övers. Videnskab. Selsk. Forhandl. Kopenhagen 1900, 6, 423.
21) Copaux, Ann. chim. phys. 1905, (8) 6, 508.
22) Piccini und Marino (krystall. Unters. v. Bartalini), Zeitschr. f. anorg. Chemie 1901, 27, 62. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 38, 513.

$(SO_4)_2InNH_4.12H_2O$. An die Alaune des Rhodiums schließen sich ferner auch solche eines Vertreters der schweren Platinmetalle an, nämlich: **Kalium-, Rubidium-, Cäsium-, Ammonium-** und **Thalloiridiumsulfat-Dodekahydrat** $= (SO_4)_2IrK.12H_2O$, $(SO_4)_2IrRb.12H_2O$, $(SO_4)_2IrCs.12H_2O$, $(SO_4)_2IrNH_4.12H_2O$ und $(SO_4)_2IrTl.12H_2O$, welche nach Marino und Vacca[23]) in gelben einfachbrechenden Oktaëdern krystallisieren. Daß endlich auch das dreiwertige Thallium, entsprechend seiner Stellung im periodischen Systeme der Elemente, Alaune bilde, ist allerdings zu erwarten; die bisherigen Versuche verschiedener Chemiker (Marshall, Locke) zur Darstellung derselben führten jedoch zu negativen Resultaten, so daß diese Körper für sich nicht existenzfähig zu sein scheinen; nur in isomorpher Mischung mit der Aluminiumverbindung ist es Fortini[24]) gelungen, einfachbrechende Oktaëder von der Zusammensetzung $(SO_4)_2(Al, Tl)NH_4.12H_2O$ zu erhalten.

Weit weniger vollständig als die Schwefelsäure-Alaune sind diejenigen der Selensäure untersucht worden. Abgesehen von **Kaliumaluminiumselenat-Dodekahydrat** $= (SeO_4)_2AlK.12H_2O$ sind von den übrigen Thonerdeverbindungen nur die specifischen Gewichte bekannt: *Na*: 2,067, *Rb*: 2,134, *Cs*: 2,224, $NH_4$: 1,892, *Tl*: 2,503 nach Pettersson[3]); derselbe bestimmte auch die Dichte der entsprechenden Chromiselenate: *K*: 2,078, *Rb*: 2,218, $NH_4$: 1,982, *Tl*: 2,630. Dagegen existieren nähere Angaben über **Rubidium-** und **Cäsiumferriselenat-Dodekahydrat** $= (SeO_4)_2FeRb.12H_2O$ und $(SeO_4)_2FeCs.12H_2O$. Betreffs der Selensäure-Thonerdealaune ist noch zu bemerken, daß Fabre[25]) außer der *Na*-, *K*-, *Rb*-, *Cs*-, $NH_4$- und *Tl*-Verbindung auch diejenigen von $NH_3CH_3$, $NH_2(CH_3)_2$, $NH(CH_3)_3$, $NH_3C_2H_5$, $NH_2(C_2H_5)_2$, $NH(C_2H_5)_3$ und $NH_3C_3H_7$, alle in farblosen Oktaëdern, darstellte, und daß Wohlwill[26]) die isomorphe Mischung $(SeO_4)_2Al(Na, K, NH_4).12H_2O$ in Combinationen von {111} mit {100} und {110} erhielt. Mischungen mit den Sulfaten stellte Pettersson[3]) dar.

Endlich existieren noch einige krystallwasserhaltige complexe Verbindungen des dreiwertigen Kobaltes mit Ammoniak, nämlich: das monoklin krystallisierende **Hexammin-Kobaltiselenat-Ammoniumselenat-Tetrahydrat** (Luteokobaltammoniumselenat) $= (SeO_4)_3(Co.6NH_3)_2.SeO_4(NH_4)_2.4H_2O$ und die beiden isomorphen rhombischen Salze: **Hexammin-Kobaltisulfat-Ammoniumsulfat-Oktohydrat** (Luteokobaltammoniumsulfat) $= (SO_4)_3(Co.6NH_3)_2.SO_4(NH_4)_2.8H_2O$ und **Hexammin-Kobaltiselenat-Ammoniumselenat-Oktohydrat** (Luteokobaltammoniumselenat) $= (SeO_4)_3(Co.6NH_3)_2.SeO_4(NH_4)_2.8H_2O$; ihnen schließt sich eine ebenfalls von Klobb[27]) dargestellte

23) Marino (Krystallbest. v. Vacca), Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904, **42**, 212. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 673.
24) Fortini, Gazz. chim. ital. 1905, **35**, II, 459.
25) Fabre, Compt. rend. 1887, **105**, 114.
26) Wohlwill, Dissert. u. Annalen der Chemie 1860, **114**, 169.
27) Klobb, Bull. scc. min. fr. 1901, **24**, 322. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 278.

halogenhaltige Verbindung an, **Hexammin-Kobaltichlorosulfat-Ammoniumsulfat-Hexahydrat** (Luteokobaltchlorosulfat-Ammoniumsulfat) = $(SO_4)_5Cl_2(Co.6NH_3)_4.3SO_4(NH_4)_2.6H_2O$, welche einfachbrechende Krystalle der Combination {111}, {100}, {110} bildet.

Die basischen Doppelsalze der Thonerde und des Eisenoxyds mit Alkalien sind hauptsächlich repräsentiert durch zwei isomorphe, trigonal krystallisierende Mineralien, den Alunit oder Alaunstein, **Kaliumhydroxyaluminiumsulfat** = $(SO_4)_2(Al.2OH)_3K$, und den Jarosit, **Kaliumhydroxyferrisulfat** = $(SO_4)_2(Fe.2OH)_3K$; A. Mitscherlich[28]) stellte diese Verbindungen künstlich dar und erhielt außerdem bei Anwendung von Ammonium- bzw. Natriumsulfat ebensolche Rhomboëder von $(SO_4)_2(Al.2OH)_3NH_4$ bzw. $(SO_4)_2(Al.2OH)_3Na$; Natrium neben Kalium enthalten mehrere natürliche Vorkommen des Alunit, und bei einem ist sogar der größte Teil des Kaliums durch Natrium ersetzt; fast nur Natrium neben sehr wenig Kalium enthält der Natrojarosit, im wesentlichen **Natriumhydroxyferrisulfat** = $(SO_4)_2(Fe.2OH)_3Na$, welcher zwar in ganz ähnlichen trigonalen Combinationen krystallisiert, wie der Jarosit, aber in den Winkeln doch merklich abweicht. Durch einen Gehalt an Krystallwasser unterscheidet sich vom Alunit der Löwigit = $(SO_4)_2(Al.2OH)_3K.1\frac{1}{2}H_2O$, dessen Krystallform unbekannt ist. Ein anderes, wahrscheinlich rhombisches Mineral, der Sideronatrit = $(SO_4)_2(Fe.OH)Na_2.3H_2O$, tritt ebenfalls nicht in meßbaren Krystallen auf. Endlich existieren noch zwei nach Marignac[29]) in hexagonalen Prismen mit Basis krystallisierende und offenbar isomorphe Salze von der Zusammensetzung: $(SO_4)_6Fe_3(OH)_2K_5.8H_2O$ und $(SO_4)_2Fe_3(OH)_2(NH_4)_5.8H_2O$.

### Thallocerosulfat-Dihydrat = $(SO_4)_2CeTl.2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1309:1:0,7059$; $\beta = 91^\circ 53'$ Wyrouboff[30]).

Das Salz krystallisiert bei verschiedenen Temperaturen, am besten gegen 60°, in kleinen Nadeln, gebildet von $m\{110\}$, $n\{320\}$ und $a\{100\}$ mit den Endflächen $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *83° 0′ |
| $n:m = (320):(110) =$ | 11° 30′ | 11 50 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *70 24 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *65 33 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$ und nahe senkrecht zu $a\{100\}$.

### Natriumferrisulfat-Trihydrat (Ferronatrit) = $(SO_4)_3FeNa_3.3H_2O$.

Spec. Gew. 2,55—2,58 (nat. Kryst.).

Trigonal. $\alpha = 111^\circ 9'$ ($a:c = 1:0,5528$ Arzruni) (nat. Kryst.).

28) A. Mitscherlich, Journ. f. prakt. Chemie 1861, **83**, 472.
29) Ch. de Marignac, Annales d. mines 1856, (5) **9**, 11. Oeuvres **1**, 441.
30) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 87. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 283.

Das Mineral bildet dünne Prismen $\{10\bar{1}\}$ mit $\{100\}$ u. a.
Spaltbarkeit nach $\{\bar{2}11\}$ vollkommen, nach $\{10\bar{1}\}$ deutlich.
Doppelbrechung positiv.

### Natriumplatinsulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2PtNa \cdot 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1127:1:0,6898;\quad \beta = 94^\circ 31'$ Blondel[31]).

Blondel erhielt das Salz durch langsame Verdunstung der wässerigen Lösung in nach der $c$-Axe prismatischen Krystallen der Combination: $m\{110\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$.

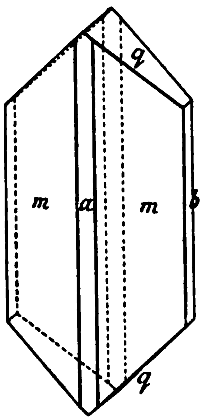
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *84° 4′ |
| $q:q\ = (011):(0\bar{1}1) =$ | 69° 2′ | 69 0 |
| $q:m\ = (011):(110) =$ | — | *62 20 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *67 50 |
| $q:r\ = (011):(101) =$ | 44 46 | 45 11 |

### Ammoniumlanthansulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2LaNH_4 \cdot 4H_2O$.

Spec. Gew. 2,516 (Äqu.-Vol. 928,50) Kraus[32]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,3509:1:0,9145;\quad \beta = 97^\circ 36'$ Kraus[32]).
$(\chi = 3,685,\quad \psi = 10,503,\quad \omega = 9,605;$ » » » )

Fig. 762.




Marignac[33]), welcher die Verbindung zuerst darstellte, erhielt sie durch langsame Verdunstung der Lösung mit einem Überschusse an Ammoniumsulfat in kleinen Täfelchen nach $a\{100\}$ mit den Formen: $n\{410\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $l\{010\}$ und $k\{012\}$, welche wegen ihrer starken Streifung fast nur approximative Messungen gestatteten. Kraus gewann nach derselben Methode große, gut ausgebildete Krystalle, welche aber nur $m\{110\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$ und $b\{010\}$ in der durch Fig. 762 dargestellten Combination zeigten.

| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *38° 21½′ | 36°—40° |
| $n:n = (410):(4\bar{1}0) =$ | 9° 56′ | — | 8 —12 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *84 7 | 78 —84 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *82 41 | 83° 30′ |
| $q:m = (011):(110) =$ | 71 48 | 71 50 | 72 4 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 84 22 | 84 16 | 84° ca. |
| $k:k = (012):(0\bar{1}2) =$ | 48 34 | — | 44°—48° |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen.
Ätzfiguren analog denen des folgenden Salzes.
Doppelbrechung schwach; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; 1. Mittellinie fast senkrecht zu $a\{100\}$.

31) Blondel, Ann. chim. phys. 1905, (8) 6, 122. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 44, 524.
32) Kraus, Zeitschr. f. Krystall. 1901, 34, 419.
33) Ch. de Marignac, Mém. Soc. phys. Genève 1855, 14, 248. Oeuvres 1, 393.

### Ammoniumcerosulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2CeNH_4 . 4H_2O$.

Spec. Gew. 2,523 (Äqu.-Vol. 932,50) Kraus[32]).

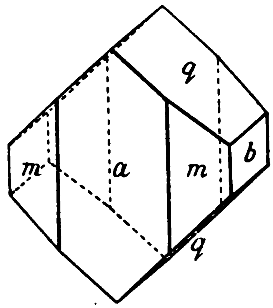
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,3598:1:0,9340; \quad \beta = 97^\circ 15'$ Kraus[32]).

($\chi = 3,691, \quad \psi = 10,397, \quad \omega = 9,711$; » » » .)

Wyrouboff[30]) (l. c. 84), welcher die ersten Messungen der Krystalle ausführte, beobachtete an denselben die gleiche Ausbildung, wie Marignac an denen des vorigen Salzes, nur traten statt *a* und *n* stark gestreifte Flächen auf, deren Winkel ungefähr den Symbolen {520} und {430} entsprachen, offenbar Vicinalflächen von {210} und {110}, und ebenso neben *q*{011} eine Vicinalform, etwa {078} entsprechend. Kraus (l. c. 420) erhielt durch langsame Verdunstung einer Lösung mit überschüssigem Ammoniumsulfate große, gut ausgebildete Krystalle der Combination (Fig. 763): *a*{100}, *q*{011}, *m*{110}, *b*{010}.

Fig. 763.

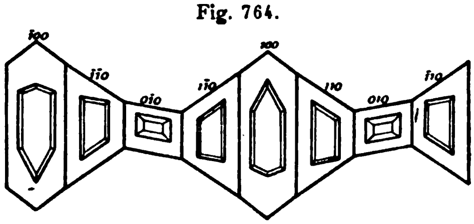



| | Berechnet: | Beobachtet: Kraus: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *39° 17′ | 38° 22′ |
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *71 36 | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *85 38 | 85 36 |
| $m':q = (\bar{1}10):(011) =$ | 81° 53′ | 81 51 | 82 12 |
| $a:q = (100):(011) =$ | 84 41 | 84 37 | — |

Spaltbarkeit nach *b*{010} sehr vollkommen.

Die mit Wasser hervorgebrachten Ätzfiguren sind nach Kraus (l. c. 421) in Fig. 764 wiedergegeben.

Fig. 764.




Doppelbrechung positiv, ziemlich schwach; Axenebene senkrecht zu *b*{010} und fast genau senkrecht zu *a*{100} mit nicht wahrnehmbarer Dispersion; 1. Mittellinie Axe *b*, $2V = 89^\circ 24'$, Dispersion sehr schwach, $\varrho < v$ (Wyrouboff).

### Ammoniumdidymsulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2DiNH_4 . 4H_2O$.

Spec. Gew. 3,080 Cleve.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,3417:1:0,9234; \quad \beta = 95^\circ 28'$ Morton[34]).

Das Salz wurde zuerst von Marignac[33]) (l. c. 250 bzw. 394) dargestellt, aber nicht in meßbaren Krystallen erhalten, doch wurde die Isomorphie mit $(SO_4)_2LaNH_4 . 4H_2O$ durch Mischkrystalle, welche die Form des Lanthansalzes zeigten, festgestellt. Morton untersuchte ein Präparat von Cleve und beobachtete die Formen: *a*{100}, *m*{110}, *k*{012}, *q*{011} und *b*{010}.

34) Morton, Öfv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1885, 6, 189. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 12, 520.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 37° 34′ | 37° 5′—47′ |
| $k:k = (021):(0\bar{2}1) =$ | 49 22 | 49 29 —32 |
| $k:q = (021):(011) =$ | 17 34 | 17 50 |
| $k:a = (021):(100) =$ | 85 2 | 85 4½ |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Farbe rosenrot. Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$ und nahe senkrecht zu $a\{100\}$.

## Ammoniumthallisulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_2TlNH_4 . 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,9559:1:0,6836$; $\beta = 125°38'$ Panichi[35]).

Die von Fortini[35]) dargestellten Krystalle zeigen vorherrschend $a\{100\}$, ferner $m\{110\}$, $q\{011\}$ und $x\{hk\bar{l}\}$. Panichi gibt weder berechnete Werte an, noch welche Winkel zur Berechnung seiner obigen Elemente gedient haben; da aus den letzteren für $m:m$ 75°42′, für $q:q$ 58°6′ usw. folgt, so sind entweder seine Elemente oder seine im folgenden wiedergegebenen beobachteten Winkel unrichtig.

| | | |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 87° 25′ | beob. |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 79 13 | » |
| $q:a = (011):(100) =$ | 63 22½ | » |
| $q:m = (011):(110) =$ | 55 57 | » |
| $x:q = (hk\bar{l}):(01\bar{1}) =$ | 36 14 | » |
| $x:m = (hk\bar{l}):(110) =$ | 80 30 | » |

## Kaliumdidymselenat-Pentahydrat = $(SeO_4)_2DiK . 5H_2O$.

Spec. Gew. 3,176 Cleve.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,8491:1:1,1253$; $\beta = 91°40'$ Morton[34]).

Die von Cleve dargestellten rosenroten Krystalle sind nach der $b$-Axe verlängerte dicke Tafeln mit vorherrschendem $a\{100\}$, combiniert mit $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\sigma\{10\bar{2}\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $k\{021\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *80° 33′ |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *51 54 |
| $\sigma:a = (10\bar{2}):(100) =$ | 57° 36′ | 57 30 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *48 21 |
| $k:c = (021):(001) =$ | 66 2 | 66 14 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$ und nahe senkrecht zu $r\{101\}$.

## Ammoniumdidymselenat-Pentahydrat = $(SeO_4)_2DiNH_4 . 5H_2O$.

Spec. Gew. 2,959 Cleve.

Rhombisch. $a:b:c = 0,8878:1:0,7111$ Morton[34]).

Dargestellt von Cleve; rosenrote Prismen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, am Ende $q\{011\}$.

| | | |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | *83° 12′ | beob. |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | *70 50 | » |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$.

35) Fortini (Mess. v. Panichi), Gazz. chim. ital. 1905, 35, II, 458. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 43, 499.

### Tetraäthylammoniumaluminiumsulfat-Hexahydrat = $(SO_4)_2AlN(C_2H_5)_4 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 3{,}4654 : 1 : 1{,}7640; \quad \beta = 99^\circ 2'$$ Soret[36]).

Bei Versuchen, alkylsubstituierte Alaune darzustellen, erhielt Soret diese und die folgenden Verbindungen, die vorliegende in großen durchsichtigen Tafeln nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $q\{011\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *80° 58′ |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) =$ | — | *70 23 |
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *59 41 |
| $a:q = (100):(011) =$ | 85° 31′ | 85° 20′—86° 0′ |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | 64 6 | 64° 1′ |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$.

Ebene der optischen Axen $\perp b\{010\}$; 1. Mittellinie fast normal zu $a\{100\}$, $2E = 33^\circ 30'$.

### Dimethylammoniumaluminiumsulfat-Hepta(?)hydrat = $(SO_4)_2AlNH_2(CH_3)_2 \cdot 7(?)H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}9932 : 1 : 2{,}1361$$ Soret[36]).

$$\alpha = 84^\circ 10', \quad \beta = 111^\circ 23', \quad \gamma = 99^\circ 52'.$$

Soret (l. c. 65) beobachtete die Combination: $a\{100\}$ vorherrschend, $b\{010\}$, untergeordnet $\mu\{1\bar{1}0\}$; am Ende meist nur $c\{001\}$, selten und schmal $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *69° 15′ |
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *81 40 |
| $c:b = (001):(010) =$ | — | *92 27 |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | — | *27 58 |
| $b:\mu' = (010):(\bar{1}10) =$ | — | *29 54 |
| $c:\mu = (001):(1\bar{1}0) =$ | 77° 22′ | 77 17 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$.

Durch $\{100\}$ ein Axenbild sichtbar nach links oben.

### Diäthylammoniumaluminiumsulfat-Okto(?)hydrat = $(SO_4)_2AlNH_2(C_2H_5)_2 \cdot 8(?)H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}097 : 1 : 0{,}948$$ Soret[36]).

$$\alpha = 58^\circ 5', \quad \beta = 105^\circ 9', \quad \gamma = 109^\circ 40'.$$

Große, rhomboëderähnliche, nur mit dem Contactgoniometer meßbare Krystalle: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$; zuweilen noch untergeordnet $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$ (Soret l. c. 67).

---

36) Ch. Soret, Arch. sc. phys. nat. Genève 1888, (3) **20**, 68. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 525.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *84° |
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *76 |
| $c:b = (001):(010) =$ | — | *119 |
| $c:\omega' = (001):(\bar{1}11) =$ | — | *64½ |
| $a:\omega = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *65 |
| $b:\omega' = (010):(\bar{1}11) =$ | 73° 18′ | 70 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen, nach $b\{010\}$ unvollkommen.

Ebene der optischen Axen senkrecht zur Verticalaxe, 1. Mittellinie $\perp a\{100\}$, $2E = 140°$.

### Äthylammoniumaluminiumsulfat-Deka(?)hydrat = $(SO_4)_2AlNH_3C_2H_5 . 10(?)H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,9865 : ? : 1$ Soret[36]).

$\alpha = 84° 18'$, $\beta = 114° 16'$, $\gamma = 93° 0'$.

Die von Soret (l. c. 66) dargestellten Krystalle sind prismatisch nach der $b$-Axe; beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{10\bar{2}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *65° 53′ |
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *89 17 |
| $c:b = (001):(010) =$ | — | *94 54 |
| $a:\varrho = (100):(00\bar{1}) =$ | — | *56 37 |
| $a:\sigma = (100):(10\bar{2}) =$ | 83° 58′ | 83 52 |
| $b:\varrho = (010):(10\bar{1}) =$ | 84 51 | 84 45 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$.

Durch dieselbe Fläche das Bild einer optischen Axe nach rechts oben sichtbar.

### Natriumaluminiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2AlNa . 12H_2O$.

**Monokline Modification.**

Spec. Gew. 1,728—1,733 Soret[37]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,5060 : 1 : 0,9125$; $\beta = 109° 1'$ Soret[37]).

Beim Überschichten einer gesättigten Natronalaunlösung mit Alkohol beobachtete Soret einmal die Bildung großer Krystalle, welche ziemlich luftbeständig waren und bei der Analyse 46,68—46,82 % $H_2O$ ergaben (berechnet für $12H_2O$: 47,11 %, für $11\frac{1}{2}H_2O$: 46,04 %). Dieselben zeigten vorherrschend $a\{100\}$, ferner $m\{110\}$, $q\{011\}$, $x\{211\}$, selten und mattflächig: $y\{21\bar{1}\}$, $c\{001\}$ und $s\{30\bar{2}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *67° 7′ |
| $a:q = (100):(011) =$ | — | *75 43 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *81 33 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 45° 45′ | 45 53 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 59 36 | 59 33 |
| $x:a = (211):(100) =$ | 50 47 | 50 55 |
| $y:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 72 33 | 72 0 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 70 59 | 69 0 ca. |
| $c:s' = (001):(\bar{3}02) =$ | 32 8 | 33 0 ca. |

37) Ch. Soret, Arch. d. sc. phys. nat. Genève 1884, (3) **11**, 62. Ausz. Zeitschr. f. Kryst. **11**, 434.

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ unvollkommen.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$, 37° zur $c$-Axe geneigt im spitzen Winkel $\beta$; Axe $b$ 1. Mittellinie; $2E = 81\frac{1}{2}°$ ca.; deutliche gekreuzte Dispersion.

**Kubische Modification (Natronalaun).**

Spec. Gew. 1,691 Pettersson[3]), 1,666—1,669 Soret[38]), 1,675 Krickmeyer[2]).

Der Natronalaun krystallisiert in Oktaëdern, wie der gewöhnliche Alaun, aber weit schwieriger und ist weniger luftbeständig. L. Wulff (Privatmitt.) gelang es, sehr schöne große Krystalle, z. T. mit Flächen von $\{100\}$, zu erhalten. Brechungsindex nach Soret[38]):

| Linie: | $a$ | $B$ | $C$ | $D$ | $E$ | $b$ | $F$ | $G$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,43492 | 1,43563 | 1,43653 | 1,43884 | 1,44185 | 1,44231 | 1,44412 | 1,44804 |

## Kaliumaluminiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2AlK.12H_2O$

(nat. Kalialaun, Kalinit).

Spec. Gew. 1,757 Krickmeyer[2]), 1,757 Le Blanc und Rohland[39]), 1,752 Pettersson[3]), 1,753 Spring[40]).

Dyakisdodekaëdrisch.

Aus reiner wässeriger Lösung krystallisiert der Alaun in Oktaëdern; untergeordnet treten $\{100\}$ und $\{110\}$ auf, besonders an großen Krystallen aus dem Fabrikbetriebe, bei deren Bildung wohl meist kleine Mengen von Lösungsgenossen vorhanden sind; das Auftreten des Hexaëders wird begünstigt durch basische Beschaffenheit der Lösung, wie bereits 1780 Siefert (Taschenbuch) und 1802 Le Blanc (Crystallotechnic) beobachteten und wie besonders Beudant (Annales des mines 1818) nachwies, nach welchem ein Zusatz von Borax ebenso wirkt, wie der von Alkalicarbonat; Hauer[41]), der die Mehrzahl der älteren Angaben über sogenannten »kubischen Alaun« zusammengestellt hat, konnte keine Hexaëder ohne andere Flächen erhalten; dagegen gibt Kopp[42]) an, daß er wiederholt aus Alaunlösung, die mit einer zur Hervorbringung eines bleibenden Niederschlages unzureichenden Menge Ätzkali versetzt war, bis zollgroße Alaunwürfel, wenn auch mit wenig glänzenden Flächen erhalten habe, und die Krystallsammlung des mineral. Instituts München bewahrt ein ca. 2 cm großes klares und glänzendes Hexaëder, welches Grünling aus einer mit Soda stark basisch gemachten Lösung durch mehr als dreimonatliches Fortwachsenlassen eines Oktaëders darstellte und an welchem die Oktaëderflächen fast vollständig verschwunden sind; aus harnstoffhaltiger Lösung erhielt Derselbe neben einander trübe und matte Hexaëder und wasserklare Krystalle der Combination $\{111\}\{100\}\{110\}$ mit wechselnder Größe der einzelnen Formen. Später gibt Hauer[43]) an, daß er bei Zusatz von Ammonium Hexaëder, auch durch Fortwachsen von Oktaëdern, erhalten habe. Nach Jannettaz[44]) herrscht $\{100\}$ an den Krystallen vor, wenn $AlCl_3$, $NH_4Cl$ oder freie Schwefelsäure in der Lösung vorhanden sind. Das Pentagondodekaëder $\{210\}$ in Combination mit

38) Ch. Soret, Arch. sc. phys. nat. Genève 1885, (3) **13**, 9. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 198.

39) Le Blanc und Rohland, Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **19**, 277.

40) Spring, Ber. d. d. chem. Ges. 1884, **17**, 410.

41) K. v. Hauer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1860, **40**, 596.

42) Kopp, Jahresbericht üb. d. Fortschr. d. Chemie f. 1860, 133 Anm.

43) K. v. Hauer, Journ. f. prakt. Chemie 1865, **94**, 241.

44) Jannettaz, Bull. soc. chim. Paris 1870, (2) **13**, 103.

{111}, {100} und {110} beobachteten Beudant (l. c.), Kopp (l. c.), Knop[45]) und Weber[46]) an Krystallen, welche sich aus einer Lösung in Salzsäure gebildet hatten, Jannettaz[44]) auch an solchen aus Lösungen mit $AlCl_3$ oder $HJ$, sowie bei der Krystallisation aus concentrierter Schwefelsäure. Dem Oktaëder vicinale Triakisoktaëder mit sehr kleinen Winkeln zwischen den Flächen des gleichen Oktanten (0° 23′—0° 48′) beobachtete zuerst Scacchi[47]) an Krystallen aus reiner Lösung, und Miers[48]) verfolgte deren Bildung während des Wachstums, wobei sich ergab, daß die Winkel derselben mit {111}, welche 2′—30′ betragen, sich fortwährend ändern und zwar sprungweise; Vicinalflächen eines Ikositetraëders treten hierbei vorübergehend auf, wenn der Krystall bei steigender Temperatur sich aufzulösen beginnt. Flächen des Ikositetraëders {211} bilden sich nach Klocke[49]) beim Fortwachsen eines durch teilweise Auflösung gerundeten Oktaëders, und ebenso erhielten sie, zusammen mit denen von {210}, Wulff[6]) und mit {221} Gaubert[50]).

In der Natur findet sich der Alaun gewöhnlich nur derb oder in faserigen Aggregaten.

Die mit Wasser bzw. verdünnter Lösung hervorgebrachten Ätzfiguren auf {111} werden nach Klocke[51]) von flachen Triakisoktaëdern gebildet, bei der Ätzung durch Salz- oder Salpetersäure entstehen gleichzeitig Ikositetraëderflächen, wie auch Wulff[6]) (l. c. 87) beobachtete; die Ätzfiguren auf {100} werden von sehr flachen Ikositetraëdern gebildet.

Elasticitätscoëfficient (Dehnungswiderstand) $E$ nach Beckenkamp[52]):

$$\perp\{100\}: E_1 = 1793, \quad \perp\{210\}: E_2 = 1894, \quad \perp\{110\}: E_3 = 1998, \quad \perp\{111\}: E_4 = 2035.$$

Brechungsindex:

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| nach Soret[53]): | 1,45226 | 1,45303 | 1,45398 | 1,45645 | 1,45934 | 1,45996 | 1,46181 |
| » Dufet[54]): | — | — | — | 1,45622 | — | — | — |
| » Borel[55]): | — | — | — | 1,45626 | — | — | — |
| » Mühlheims[56]): | 1,45175 | 1,45276 | 1,45371 | 1,45602 | 1,45893 | 1,45955 | 1,46140 |

| Linie: | *G* | $Cd_{10}$ | $Cd_{18}$ | $Cd_{26}$ |
|---|---|---|---|---|
| nach Soret[53]): | 1,46609 | — | — | — |
| » Borel[55]): | — | 1,47691 | 1,50514 | 1,53825 |

45) Knop, Molekularconstitution und Wachstum der Krystalle, Leipzig, 1867, 77.
46) Weber, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1860, **109**, 379.
47) A. Scacchi, S. Poliëdria d. facce d. crist. 45 (Mem. Accad. Sc. Torino 1862, (2) **21**).
48) Miers, Philos. Transact. London 1903, **202**, 459. Zeitschr. f. Krystall. 1904, **39**, 220.
49) Klocke, Zeitschr. f. Krystall. 1878, **2**, 295.
50) Gaubert, Bull. soc. fr. min. 1895, **18**, 141. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 621.
51) Klocke, Zeitschr. f. Krystall. 1878, **2**, 126.
52) Beckenkamp, Zeitschrift f. Krystall. 1885, **10**, 50.
53) Ch. Soret, Arch. sc. phys. nat. Genève 1884, (3) **12**, 576. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 198.
54) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 145. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 590.
55) Borel, Arch. sc. phys. nat. Genève 1895, (3) **34**, 230. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **28**, 104.
56) Mühlheims, Zeitschr. f. Krystall. 1888, **14**, 223.

Die häufige anomale Doppelbrechung, Biots Lamellarpolarisation, erklärte Reusch[57]) durch eine Spannung parallel den Oktaëderebenen, Mallard[58]) durch Aufbau aus pseudokubischen Krystallen von hexagonaler Symmetrie; Klocke[59]), welcher die Zusammensetzung der Krystalle aus positiv doppeltbrechenden Sectoren näher untersuchte und in den stark doppeltbrechenden Partien oktaëdrischer Platten optische Zweiaxigkeit nachwies, beschrieb auch die Polarisationserscheinungen anderer Alaune und ihrer Mischungen und machte darauf aufmerksam, daß die Mischkrystalle auch dann optische Anomalien zeigen, wenn ihre Componenten einfachbrechend sind[60]). Besonders ausführlich wurde das Verhalten des Alauns beschrieben von Brauns[61]), welcher bereits früher[62]) nachgewiesen hatte, daß alle chemisch reinen Alaune einfachbrechend sind, und daraus schließt, daß die Doppelbrechung durch Spannungen bewirkt werde, deren Ursache die isomorphe Beimischung sei. In Zusammenhang hiermit ist die Beobachtung von Krickmeyer[2]) (l. c. 62), daß Mischkrystalle von Kalium- und Ammoniumalaun bei der leisesten Berührung, oft sogar spontan, Risse erhielten und in Fragmente zerfielen, von Interesse. Pockels[63]) wies nach, daß einseitiger Druck $\perp \{100\}$ und $\perp \{111\}$ beim Alaun einaxig negative Doppelbrechung bewirken, im ersten Falle $9\frac{1}{2}$ mal so starke, als im zweiten, und daß bei anderen Druckrichtungen die Krystalle zweiaxig werden.

Diëlektricitätsconstante nach Curie[64]) 6,4.

Der kubische Ausdehnungscoëfficient wurde von Joule und Playfair zu 0,00368 für 0°—100° bestimmt, doch findet nach den Versuchen von Wiedemann[65]) eine regelmäßige Ausdehnung nur bis 30° statt und beginnt bei dieser Temperatur die Abgabe von Wasser.

### Rubidiumaluminiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2AlRb.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,890 Pettersson[3]), 1,829—1,860 Soret[53]) (l. c. 584).

Oktaëder oder Kubooktaëder. Brechungsindex nach Soret[38]) (l. c. 7):

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,45232 | 1,45328 | 1,45417 | 1,45660 | 1,45955 | 1,45999 | 1,46192 | 1,46618 |

### Cäsiumaluminiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2AlCs.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,971 Soret[38]) (l. c. 8).

Das Salz krystallisiert bei mikrochemischer Darstellung in einfachen Oktaëdern, doch gelang es Goldbach in Kehl, schöne große Krystalle der Combination: {111} und {201} im Gleichgewichte, {100} kleiner, zu züchten (Soret l. c. und Sammlung des min. Instituts München). Brechungsindex nach Soret:

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,45437 | 1,45517 | 1,45618 | 1,45856 | 1,46141 | 1,46203 | 1,46386 | 1,46821 |

57) Reusch, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1867, **132**, 618.

58) Mallard, Explic. d. phén. opt. anom. Paris 1877, 62 (Annales d. mines 1876, **10**). Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **1**, 315.

59) Klocke, N. Jahrb. f. Min. usw. 1881, **2**, 249. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 415.

60) Klocke, N. Jahrb. f. Min. usw. 1880, **1**, 76. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 523.

61) Brauns, Die optischen Anomalien der Krystalle. Preisschr. Leipzig 1891, 226 f. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 172.

62) Brauns, N. Jahrb. f. Min. usw. 1883, **2**, 102 und 1885, **1**, 96. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 101 und **12**, 311.

63) Pockels, N. Jahrb. f. Min. usw. 1892, Beil.-Bd. **8**, 217. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **23**, 639.

64) J. Curie, Ann. chim. phys. 1889, (6) **17**, 385. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 515.

65) E. Wiedemann, Wiedemanns Ann. d. Phys. 1882, **17**, 561. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 633.

### Ammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2AlNH_4 . 12H_2O$
(nat. Tschermigit, Ammoniakalaun).

Spec. Gew. 1,645 Krickmeyer[2]), 1,626—1,630 Soret[53]) (nach älteren Bestimmungen 1,622—1,653).

Aus ganz reiner Lösung erhielt Soret (l. c. 18) die Combination {111}, {100}, {110}. Die S. 554 erwähnten Untersuchungen beziehen sich z. T. auch auf die Ammoniumverbindung.

Das Mineral Tschermigit kommt in Oktaëdern vor, meist jedoch in stengeligen Aggregaten.

Der Brechungsindex wurde von Soret (l. c. 569 bestimmt).

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,45509 | 1,45599 | 1,45693 | 1,45939 | 1,46234 | 1,46288 | 1,46481 | 1,46923 |

Borel[55]) fand:

für *D*: 1,45935, für $Cd_{10}$: 1,48043, für $Cd_{18}$: 1,50943, für $Cd_{26}$: 1,54349.

Die optischen Anomalien beschrieb ausführlich Klocke[60]) (l. c. 56).

Für eine Mischung von $63\frac{1}{2}$% Ammoniumalaun und $36\frac{1}{2}$% Kaliumalaun fand Soret[53]) (l. c. 576) das spec. Gew. 1,681 und den Brechungsindex:

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,45463 | 1,45527 | 1,45630 | 1,45862 | 1,46168 | 1,46229 | 1,46420 | 1,46854 |

### Methylammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2AlNH_3(CH_3) . 12H_2O$.

Spec. Gew. 1,568 Soret[2]).

Das Salz wurde dargestellt von Alth[13]) und gemessen von Schabus[14]), welcher außer {111} auch untergeordnet {100} und eine unvollkommene Spaltbarkeit nach {111} beobachtete. Brechungsindex nach Soret[2]) (l. c. 11):

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,45013 | 1,45062 | 1,45177 | 1,45410 | 1,45691 | 1,45749 | 1,45941 | 1,46363 |

### Thalloaluminiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2AlTl . 12H_2O$.

Spec. Gew. 2,329 Soret und Duparc[66]), 2,318 Le Blanc und Rohland[39]).

Außer der gewöhnlichen Form des Oktaëders erhielten Soret und Duparc beim Umkrystallisieren auch Hexaëder; Klocke[67]) beobachtete die Combination {111} mit untergeordneten {100} und {110}; dieselbe Combination gibt auch Fock[18]) an.

Krystalle, welche nur sehr geringe Mengen von Kalium und Natrium enthielten, lieferten Soret[53]) (l. c. 578) folgende Werte des Brechungsindex:

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,49226 | 1,49317 | 1,49443 | 1,49748 | 1,50128 | 1,50209 | 1,50463 | 1,51076 |

Soret und Duparc[66]) fanden später für *D* Werte von 1,4976—1,4982, während für dieselbe Linie Fock[18]): $n =$ 1,4888 und Le Blanc und Rohland (l. c. 278) 1,4941 angeben.

Die anomale Doppelbrechung ist nach Klocke[67]) sehr kräftig.

---

66) Soret und Duparc, Arch. sc. phys. nat. Genève 1889, (3) **21**, 89. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 269.

67) Klocke, N. Jahrb. f. Min. usw. 1880, **1**, 158. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 526.

Eine Mischung von Thalliumalaun mit 3 % Kaliumalaun ergab Soret[53]) (l. c. 582) die Dichte 2,292 und den Brechungsindex:

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,49111 | 1,49218 | 1,49327 | 1,49638 | 1,50010 | 1,50089 | 1,50344 | 1,50921 |

### Rubidiumtitanosulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2TiRb.12H_2O$.

Die von Piccini[68]) erhaltenen Krystalle sind nach Bartalini Combinationen von {210}, {100} und {111}, an denen zuweilen das Pentagondodekaëder vorherrscht.

Farbe lebhaft rot. Brechungsindex $n = 1,462—1,465$ für Rot.

### Cäsiumtitanosulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2TiCs.12H_2O$.

Dargestellt von Piccini[68]). Bartalini l. c. beobachtete die Formen: {111}, {210} und {100}, letztere selten und klein.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Farbe hell rotviolett. Brechungsindex $n = 1,472$ (rot), 1,475 (gelb), 1,4736 (*Na*), 1,476 (grün), 1,480 (blau), 1,482 (violett).

### Kaliumvanadiosulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2VK.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,782 Piccini[69]).

Die violett gefärbten Krystalle zeigen nach Bartalini[69]) vorherrschend {100}, combiniert mit {111}, nicht meßbar wurde einmal das Pentagondodekaëder {210} beobachtet.

Keine Spaltbarkeit nachweisbar; Bruch muschelig.

Vollkommen einfachbrechend.

### Rubidiumvanadiosulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2VRb.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,915 Piccini[69]).

Bläulichviolette Oktaëder mit untergeordnetem Hexaëder und Pentagondodekaëder {210} (Bartalini[70])).

Cohäsion s. vor.

Einfachbrechend an fast allen Stellen der untersuchten Platten.

### Cäsiumvanadiosulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2VCs.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,033 Piccini[69]).

Die von Piccini[70]) dargestellten amethyst- bis violettroten Krystalle zeigen vorherrschend {111}, daneben {210} und zuweilen {100}. Sonst = vor.

### Ammoniumvanadiosulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2VNH_4.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,687 Piccini[69]).

Dargestellt von Piccini[70]); nach Bartalini l. c. vorherrschend Oktaëder, combiniert mit Hexaëder und Pentagondodekaëder {210}.

Keine Spaltbarkeit; muscheliger Bruch.

Farbe rotviolett; sowohl hexaëdrische, als oktaëdrische Platten zeigten fast an allen Stellen einfache Brechung.

---

68) Piccini (Krystallbest. von Bartalini), Zeitschr. f. anorg. Chemie 1898, **17**, 355. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **33**, 99.

69) Piccini (Krystallbest. von Bartalini), Gazz. chim. ital. 1897, **27**, I, 416. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 408.

70) Piccini (Krystallbest. von Bartalini), Gazz. chim. ital. 1895, **25**, II, 452. Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1896, **11**, 106. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **28**, 195.

### Thallovanadiosulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2VTl.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,342 Piccini[69]).

Die von Piccini[69]) dargestellten, intensiv rotviolett gefärbten Krystalle sind nach Bartalini l. c. Combinationen von {111} mit {100} und untergeordnetem Pentagondodekaëder {210}.

Keine Spaltbarkeit; Bruch muschelig.

Einfachbrechend.

### Kaliumchromisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2CrK.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,856 Playfair und Joule[71]), 1,839—1,849 Pettersson[3]), 1,817 Soret[38]).

Gewöhnliche Form Oktaëder; nach Uzielli[72]) treten im Anfange des Wachstums oft untergeordnet {100} und {110} auf, um später zu verschwinden. Wulff[73]) erhielt durch künstliche Abrundung und Fortwachsenlassen Combinationen von {111} mit {100}, {110}, {210} und {211}. Mit den Wachstumserscheinungen beschäftigen sich mehrere der S. 554 citierten Arbeiten, besonders ausführlich die von Rauber[7]).

Keine erkennbare Spaltbarkeit.

Die Ätzfiguren, mit verdünnter Lösung hervorgebracht, sind nach Uzielli[72]) auf {111} gleichseitige Dreiecke, neben welchen auf den nicht horizontal liegenden Flächen »Lösungsstreifen« erschienen; ebensolche und besonders tiefe Ätzfiguren beobachtete Foullon[74]). Nach Blasius[75]) entstehen beim Eintauchen in Alkohol auf {111}, wie mit verdünnter Lösung, gegen den Umriß der Flächen um 180° gedrehte Dreiecke, zuweilen mit gerader Abstumpfung der Ecken, auf {100} Quadrate parallel den Seiten der Flächen und auf {110} Rhomben, z. T. mit Abstumpfung des spitzen Winkels.

Elasticitätscoëfficient (Dehnungswiderstand) $E$ nach Beckenkamp[76]):

$\perp\{100\}$: $E_1 = 1618$, $\perp\{110\}$: $E_3 = 1726$, $\perp\{111\}$: $E_4 = 1909$.

Brechungsindex nach Soret[38]) (l. c. 16):

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,47642 | 1,47738 | 1,47865 | 1,48137 | 1,48459 | 1,48513 | 1,48753 | 1,49309 |

### Rubidiumchromisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2CrRb.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,967—1,969 Pettersson[3]), 1,946 Soret[38]).

Oktaëder. Brechungsindex nach Soret[38]) (l. c. 18):

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n =$ | 1,47660 | 1,47756 | 1,47868 | 1,48151 | 1,48486 | 1,48522 | 1,48775 | 1,49323 |

### Cäsiumchromisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2CrCs.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,043 Soret[77]).

Soret[77]) erhielt dieses Salz in ziemlich harten und luftbeständigen, dunkelroten Krystallen, Combinationen von {111} mit den meist untergeordneten

71) Playfair u. Joule, Journ. Chem. Soc. London 1, 138.

72) Uzielli, Trans. Accad. Lincei Roma 1877, (3) 1. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 1, 401.

73) L. Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 126.

74) H. von Foullon, Verb. d. geol. Reichsanst. Wien 1881, 140. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 6, 533.

75) Blasius, Zeitschr. f. Krystall. 1885, 10, 225.

76) Beckenkamp, Zeitschr. f. Krystall. 1887, 12, 421.

77) Ch. Soret, Compt. rend. 1885, 101, 156. Arch. sc. phys. nat. Genève 1885, (3) 14, 96. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 12, 641. Ausführlicher: Arch. sc. phys. nat. Genève 1888, (3) 20, 520. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 18, 527.

Flächen von {100} und {110}. Dieselben ergaben auffallenderweise einen kleineren Brechungsindex als die des *K*- und *Rb*-Salzes, nämlich:

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *n* = | 1,47627 | 1,47732 | 1,47836 | 1,48100 | 1,48434 | 1,48491 | 1,48723 | 1,49280 |

### Ammoniumchromisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2CrNH_4 . 12H_2O$.

Spec. Gew. 1,738 Schrötter[78]), 1,728 Pettersson[3]), 1,719 Soret[38]).
Gewöhnliche Form: Oktaëder. Brechungsindex nach Soret (l. c. 15):

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *n* = | 1,47911 | 1,48014 | 1,48125 | 1,48418 | 1,48744 | 1,48794 | 1,49040 | 1,49594 |

### Thallochromisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2CrTl . 12H_2O$.

Spec. Gew. 2,392—2,402 Pettersson[3]), 2,236—2,386 Soret[38]).
Oktaëder. Brechungsindex nach Soret (l. c. 19):

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *n* = | 1,51692 | 1,51798 | 1,51923 | 1,52280 | 1,52704 | 1,52787 | 1,53082 | 1,53808 |

### Cäsiummanganisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2MnCs . 12H_2O$.

Dargestellt von Piccini[79]); bildet nach Bartalini granatrote Combinationen von {111} mit {100} und untergeordnetem Pentagondodekaëder {210}.
Keine Spaltbarkeit, Bruch muschelig.
Brechungsindex *n* = 1,479—1,487 rot.

### Kaliumferrisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2FeK . 12H_2O$.

Spec. Gew. 1,831 Topsøe und Christiansen[80]), 1,806 Soret[38]), 1,819—1,831 Pettersson[3]).

Die Krystalle, welche an der Luft allmählich matt werden, sind nach Christensen[81]) im reinen Zustande vollkommen farblos, gewöhnlich durch Beimischungen, besonders von Manganalaun, violett gefärbt, die käuflichen Präparate sind *Al*-haltig. Topsøe und Christiansen untersuchten große, klare, hellviolette Oktaëder mit untergeordneten Hexaëderflächen und bestimmten den Brechungsindex:

| Linie: | *C* | *D* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|
| *n* = | 1,4783 | 1,4817 | 1,4893 | 1,5039 |

Soret[38]) (l. c. 23) fand:

| Linie: | *a* | *B* | *C* | *D* | *E* | *b* | *F* | *G* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *n* = | 1,47639 | 1,47706 | 1,47837 | 1,48169 | 1,48580 | 1,48670 | 1,48939 | 1,49605 |

Elasticitätscoëfficient (Dehnungswiderstand) ⊥ {110} beträgt nach Beckenkamp[76]): $E_3 = 1862$.

### Rubidiumferrisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2FeRb . 12H_2O$.

Spec. Gew. 1,916 Soret[38]), 1,952 Le Blanc und Rohland[39]).

---

78) Schrötter, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1841, **58**, 513.

79) Piccini (Krystallbest. v. Bartalini), Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1899, **20**, 13. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **35**, 386.

80) Topsøe u. Christiansen, Vidensk. Selsk. Skr. 1873, (5) **9**, 646. Ann. chim. phys. 1874, (5) **1**, 25. Poggendorffs Ann. d. Phys. Erg.-Bd. **6**, 517.

81) Christensen, Overs. Vidensk. Selsk. Forhandl. Kopenhagen 1906, **4**, 173.

Soret (l. c. 24) untersuchte große, von Goldbach bezogene Oktaëder. Brechungsindex:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,47700 | 1,47770 | 1,47894 | 1,48234 | 1,48654 | 1,48712 | 1,49003 | 1,49700 |

Le Blanc und Rohland (l. c. 278) fanden für *D*: *n* = 1,4823.

### Cäsiumferrisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2FeCs \cdot 12H_2O$.

Spec. Gew. 2,061 Soret[38]).

Nach Soret (l. c. 25) zeigen die farblosen oder schwach violetten Krystalle {111}, untergeordnet {100} und {210}. Ihr Brechungsindex beträgt:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,47825 | 1,47921 | 1,48042 | 1,48378 | 1,48797 | 1,48867 | 1,49136 | 1,49838 |

### Ammoniumferrisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2FeNH_4 \cdot 12H_2O$.

Spec. Gew. 1,719 Topsøe und Christiansen[80]), 1,713 Soret[38]), 1,720—1,725 Pettersson[3]).

Die Krystalle zeigen gewöhnlich {111} mit kleinen Flächen von {100}. Dies entspricht der Wachstumsgeschwindigkeit in verschiedenen Richtungen, welche Weyberg[82]) bestimmte; Derselbe fand, daß diese ⊥{110} zweimal so groß, als ⊥{100}, und ⊥{100} 3½—4½ mal so groß ist, als ⊥{111}. In einer Lösung der entsprechenden Aluminiumverbindung werden nach Knop[5]) die Krystalle in Pseudomorphosen, aus letzterer bestehend, umgewandelt.

Brechungsindex nach Topsøe und Christansen:

| Linie: | C | D | F |
|---|---|---|---|
| n = | 1,4821 | 1,4854 | 1,4934 |

nach Soret (l. c. 21):

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,47927 | 1,48029 | 1,48150 | 1,48482 | 1,48921 | 1,48993 | 1,49286 | 1,49980 |

Die optischen Anomalien und die Erscheinung des spontanen Zerspringens der Krystalle beschrieb Klocke[60]).

### Thalloferrisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2FeTl \cdot 12H_2O$.

Spec. Gew. 2,385 Soret[38]), 2,351 Pettersson[3]).

Soret (l. c. 27) erhielt das Salz in großen Oktaëdern und fand den Brechungsindex:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,51674 | 1,51790 | 1,51943 | 1,52365 | 1,52859 | 1,52946 | 1,53284 | 1,54112 |

### Kaliumgalliumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2GaK \cdot 12H_2O$.

Spec. Gew. 1,895 Soret[77]).

Die von Soret (l. c. 527) dargestellten Krystalle, über deren Form nichts angegeben wird (also wahrscheinlich Oktaëder), zeigten keine optischen Anomalien und ergaben den Brechungsindex:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,46118 | 1,46195 | 1,46296 | 1,46528 | 1,46842 | 1,46904 | 1,47093 | 1,47548 |

82) Weyberg, Zeitschr. f. Krystall. 1901, 34, 531.

### Rubidiumgalliumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2GaRb \cdot 12H_2O$.

Spec. Gew. 1,962 Soret[77]).

Dargestellt von Soret (l. c. 529), wie vor. Brechungsindex:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,46152 | 1,46238 | 1,46332 | 1,46579 | 1,46890 | 1,46930 | 1,47126 | 1,47581 |

### Cäsiumgalliumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2GaCs \cdot 12H_2O$.

Spec. Gew. 2,113 Soret[77]).

Das schwer lösliche Salz krystallisiert nach Soret (l. c. 530) leicht in Combinationen {111}, {210}. Der Brechungsindex ist auch hier, wie bei den Chromalaunen, kleiner als der der Rubidiumverbindung.

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,46047 | 1,46146 | 1,46243 | 1,46495 | 1,46785 | 1,46841 | 1,47034 | 1,47481 |

### Ammoniumgalliumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2GaNH_4 \cdot 12H_2O$.

Spec. Gew. 1,777 Soret[77]).

Dargestellt von Soret (l. c. 528) in Krystallen (Oktaëder?) ohne optische Anomalien. Brechungsindex:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,46390 | 1,46485 | 1,46575 | 1,46835 | 1,47146 | 1,47204 | 1,47412 | 1,47864 |

### Thallogalliumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2GaTl \cdot 12H_2O$.

Spec. Gew. 2,477 Soret[77]).

Krystallisiert nach Soret (l. c. 532) schwieriger als die vorhergehenden. Brechungsindex:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,50112 | 1,50228 | 1,50349 | 1,50665 | 1,51057 | 1,51131 | 1,51387 | 1,52007 |

### Rubidiumrhodiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2RhRb \cdot 12H_2O$.

Dargestellt von Piccini und Marino[22]); nach Bartalini l. c. honiggelbe Oktaëder ohne Spaltbarkeit.

Brechungsindex: $n$ = 1,4977—1,4997 rot, 1,5004—1,5023 gelb, 1,5036—1,5056 grün, 1,5098 violett.

### Cäsiumrhodiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2RhCs \cdot 12H_2O$.

Dargestellt von Denselben. Combination {111}, untergeordnet {110} und {100}. Honiggelb.

$n$ = 1,5063 rot, 1,5077 gelb, 1,5112 grün, 1,5184 violett.

### Ammoniumrhodiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2RhNH_4 \cdot 12H_2O$.

Orangegelbe Oktaëder mit {110} und Spuren von {100}. Keine Spaltbarkeit.

$n$ = 1,5073 rot, 1,5103 gelb, 1,5150 grün.

### Thallorhodiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2RhTl \cdot 12H_2O$.

{111}, selten mit {110}. Honiggelb.

$n$ = 1,546 rot, 1,548 gelb, 1,549 grün (approx.).

### Rubidiumindiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2InRb.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,065 Soret[77]).

Dargestellt von Soret (l. c. 523); große und schöne, aber an der Luft sich rasch verändernde Krystalle (über deren Form nichts angegeben wird, also wohl Oktaëder). Brechungsindices:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,45942 | 1,46024 | 1,46126 | 2,46381 | 1,46694 | 1,46751 | 1,46955 | 1,47402 |

### Cäsiumindiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2InCs.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,241 Soret[77]).

Das Salz bildet nach Soret (l. c. 525) Krystalle mit den Formen {100}, {111} und {210}. Brechungsindex:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,46091 | 1,46170 | 1,46283 | 1,46522 | 1,46842 | 1,46897 | 1,47105 | 1,47562 |

### Ammoniumindiumsulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_2InNH_4.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,011 Soret[38]):

Soret (l. c. 13) verwendete von diesem leicht verwitternden Salze ein Präparat von Marignac zur Bestimmung der Dichte und des Brechungsindex:

| Linie: | a | B | C | D | E | b | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n = | 1,46193 | 1,46259 | 1,46352 | 1,46636 | 1,46953 | 1,47015 | 1,47234 | 1,47750 |

### Kaliumaluminiumselenat-Dodekahydrat = $(SeO_4)_2AlK.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,998—2,004 Pettersson[3]), 1,971 Weber[83]).

Das Salz wurde zuerst von Weber[83]) erhalten in Oktaëdern mit {100} und sehr schmal {110}. Dieselbe Combination beobachtete Klocke[67]) an Krystallen, welche die gleiche Doppelbrechung zeigten, wie die des Ammoniumaluminiumalauns. Die Brechungsindices wurden von Topsøe und Christiansen[80]) bestimmt:

für *C*: 1,4773, für *D*: 1,4801, für *F*: 1,4868.

### Rubidiumferriselenat-Dodekahydrat = $(SeO_4)_2FeRb.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,131 Roncagliolo[84]).

Dargestellt von Roncagliolo l. c. Nach Cassinis[85]) Oktaëder, selten mit {100} und noch seltener mit {110}. Die Ätzfiguren entsprechen einem Ikositetraëder.

Brechungsindex nach Cassinis:

Rot: 1,5047, *Na*: 1,5070, Grün: 1,5119, Blau: 1,5173, Violett: 1,5229.

### Cäsiumferriselenat-Dodekahydrat = $(SeO_4)_2FeCs.12H_2O$.

Spec. Gew. 3,618 Roncagliolo[84]).

Cassinis beobachtete die gleichen Formen und Ätzfiguren, wie an der Rubidiumverbindung und bestimmte den Brechungsindex:

Rot: 1,5088, *Na*: 1,5116, Grün: 1,5162, Blau: 1,5209, Violett: 1,5262.

---

83) Weber, Poggendorffs Ann. d. Physik 1859, **108**, 619.

84) Roncagliolo, Gazz. chim. ital. 1905, **35**, II, 553.

85) Cassinis, Riv. d. min. e crist. ital. 1905, **32**, 49. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **43**, 498.

### Hexammin-Kobaltiselenat-Ammoniumselenat-Tetrahydrat
(Luteokobaltammoniumselenat) = $(SeO_4)_3(Co.6NH_3)_2.SeO_4(NH_4)_2.4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,4285:1:0,6469$; $\beta = 94^\circ 42'$ Klobb[27]).

Das Salz bildet sich nach Klobb (l. c. 321), wenn man zu einer Lösung von neutralem Luteokobaltsulfate einen Überschuß von Ammoniumselenat fügt oder wenn man saures Luteokobaltselenat mit Ammoniak neutralisiert. Beobachtete Formen: *r*{101}, *ϱ*{10$\bar{1}$} und *a*{100} vorherrschend, ferner *c*{001}, *s*{301}, *m*{110}, seltener *x*{121}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:a = (101):(100) =$ | —. | *61° 47′ |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *48 38 |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *54 55 |
| $s:a = (301):(100) =$ | 34° 41′ | 34 35 |
| $x:r = (121):(101) =$ | 48 45 | — |
| $x:m = (121):(110) =$ | 37 24 | 37 17 |
| $x:m' = (121):(\bar{1}10) =$ | 64 7 | 64 30 |

### Hexammin-Kobaltisulfat-Ammoniumsulfat-Oktohydrat
(Luteokobaltammoniumsulfat) = $(SO_4)_3(Co.6NH_3)_2.SO_4(NH_4)_2.8H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9747:1:1,1993$ Klobb[27]).

Das von Klobb (l. c. 318 und früher in Bull. soc. sc. Nancy 1888, (2) **9**, f. **22**, 42) beschriebene Salz scheidet sich aus einer Lösung der Componenten in sehr großen Krystallen ab, gewöhnlich *o*{111} vorherrschend, abgestumpft durch *q*{011}, *r*{101} und *k*{012}, zuweilen noch untergeordnet *c*{001}, *b*{010} und *n*{120}; häufig sind die Krystalle auch tafelförmig nach *c*{001} mit den Randflächen *q*{011}, *r*{101} und klein *o*{111}, seltener dicktafelig nach *a*{100} mit *m*{110}, *r*{101}, *o*{111}, *b*{010}, *q*{011} und *k*{012}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *88° 32′ |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *30 12 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 50° 54′ | 50 57 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 50 11 | 50 14 |
| $k:k = (012):(0\bar{1}2) =$ | 61 54 | 61 53 |
| $n:a = (120):(100) =$ | 62 51 | 62 53 |
| $o:r = (111):(101) =$ | 37 6 | 37 5 |
| $o:q = (111):(011) =$ | 38 14 | 38 21 |

### Hexammin-Kobaltiselenat-Ammoniumselenat-Oktohydrat
(Luteokobaltammoniumselenat) = $(SeO_4)_3(Co.6NH_3)_2.SeO_4(NH_4)_2.8H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9595:1:1,2024$ Klobb[27]).

Dargestellt von Klobb (l. c. 320) durch Neutralisieren einer Lösung von saurem Luteokobaltselenat mit Ammoniak, wobei entweder dieses oder das Tetrahydrat entsteht. Die Krystalle zeigen die gewöhnliche Ausbildung des vorigen Salzes mit den Formen: *o*{111}, *q*{011}, *r*{101}, *m*{110}, *c*{001}, *a*{100} und *b*{010}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *87° 38′ |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *29 56 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 51° 24′ | 51 20 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 50 15 | 50 7 |

**Kaliumhydroxyaluminiumsulfat = $(SO_4)_2(Al.2OH)_3K$**
(nat. Alunit, Alaunstein).

Spec. Gew. 2,58—2,75 (nat. Kryst.).

Trigonal. $\alpha = 89°9'$ ($a:c = 1:1{,}252$ Breithaupt (nat. Kryst.)).

Mitscherlich[28]) erhielt Rhomboëder von 91½° durch Erhitzen von Aluminiumsulfat mit Alaun und Wasser auf 230°, um so bessere, je mehr das Aluminiumsulfat vorherrschte.

Die natürlichen Krystalle sind Rhomboëder {100} von 90° 50′, oft combiniert mit {111}, zuweilen auch mit anderen Rhomboëdern.

Spaltbarkeit nach {111} deutlich.

Doppelbrechung positiv.

**Kaliumhydroxyferrisulfat** (Jarosit) **= $(SO_4)_2(Fe.2OH)_3K$.**

Spec. Gew. 3,15—3,26 (nat. Kryst.).

Trigonal. $\alpha = 89°14'$ ($a:c = 1:1{,}245$ König (nat. Kryst.)).

Dargestellt von Mitscherlich[28]) nach derselben Methode, wie vor., in ähnlichen Krystallen. Diejenigen des Minerales zeigen {111} mit {100} und {11$\bar{1}$}.

Spaltbarkeit nach {111} deutlich.

Doppelbrechung negativ.

**Natriumhydroxyferrisulfat** (Natrojarosit) **= $(SO_4)_2(Fe.2OH)_3Na$.**

Spec. Gew. 3,18 (nat. Kryst.).

Trigonal. $\alpha = 93°50'$ ($a:c = 1:1{,}104$ Penfield (nat. Kryst.)).

Das Mineral bildet sehr kleine sechsseitige Täfelchen nach {111}, begrenzt von {100} und untergeordnet {11$\bar{1}$}.

Doppelbrechung negativ.

## Doppelsulfate drei- und zweiwertiger Metalle.

Mit dem Namen »Alaune« werden vielfach auch Verbindungen bezeichnet, welche sich von den eigentlichen Alaunen dadurch unterscheiden, daß sie anstelle der einwertigen Metalle zweiwertige und z. T. auch weniger Wasser enthalten, wie der Pickingerit (Magnesiaalaun) = $(SO_4)_4Al_2Mg.22H_2O$, der Halotrichit (Eisenalaun) = $(SO_4)_4Al_2Fe.24H_2O$, der Bosjesmanit (Manganalaun, wahrscheinlich das entsprechende Manganosalz) und der Rubrit (nicht Kubeït), ein ähnlich zusammengesetztes Magnesiumferrisulfat; diese meist nur in faserigen Aggregaten vorkommenden Mineralien sind wahrscheinlich monoklin, nur vom Halotrichit wird parallele Auslöschung angegeben. Von sonstigen normalen Doppelsulfaten sind nur zwei krystallographisch untersucht: der Römerit, ein **Ferroferrisulfat-Hydrat** von der Formel: $(SO_4)_4(Fe.OH)_2FeH_2.12H_2O$, welches triklin krystallisiert, und das rhombische **Cadmiumcerosulfat-Hydrat**: $(SO_4)_{12}Ce_2Cd_9.18H_2O$.

Zu den basischen Sulfaten der Alunitgruppe (S. 576) zeigt eine sehr merkwürdige Beziehung das Mineral Plumbojarosit, **Bleihydroxyferrisulfat** $= (SO_4)_4(Fe.2OH)_6Pb$, indem seine Formel genau derjenigen des Jarosites entspricht, wenn letztere verdoppelt und $K_2$ durch $Pb$ ersetzt wird; da auch die Kystallform beider Körper übereinstimmt, hat man sie als isomorph bezeichnet, obgleich sonst kein Fall bekannt ist, in welchem die Ersetzung zweier Alkaliatome durch ein Bleiatom ohne wesentliche Änderung der Krystallstructur stattfindet. In der Natur findet sich ferner noch eine Reihe wasserhaltiger basischer Doppelsulfate drei- und zweiwertiger Metalle, von welchen aber nur wenige krystallographisch näher bekannt sind, wie der monokline Botryogen, **Magnesiumhydroxyferrisulfat-Heptahydrat** $= (SO_4)_2(Fe.OH)Mg.7H_2O$, die meisten aber auch in bezug auf ihre Homogenität keineswegs sicher gestellt sind. Endlich existieren noch einige seltene Mineralien, welche die Zusammensetzung von überbasischen Sulfaten bzw. Verbindungen mit Aluminaten besitzen; es sind dies der rhombische Lettsomit (Cyanotrichit) $= SO_{10}Al_2Cu_4.8H_2O$ und der hexagonale Zinkaluminit $= S_2O_{21}Al_6Zn_6.18H_2O$, deren krystallographische Elemente jedoch nicht bekannt sind; als eine Verbindung eines Chlorosulfates mit einem Hydroxyde kann aufgefaßt werden der trigonal krystallisierende Spangolith, **Cuprihydroxyaluminiumchlorosulfat-Trihydrat** $=$ $SO_4ClAl.6Cu(OH)_2.3H_2O$.

**Ferroferrisulfat-Hydrat** (nat. Römerit) $= (SO_4)_4(Fe.OH)_2FeH_2.12H_2O$.

Spec. Gew. 2,102 (nat. Kryst.).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,9682:1:2,6329$ Link (nat. Kryst.).
$\alpha = 116^\circ\ 2'$, $\beta = 94^\circ 41'$ $\gamma = 80^\circ\ 8'$.

Das Salz wurde von Scharizer[1]) durch Einwirkung der feuchten Luft auf ein gepulvertes Gemenge von Eisenvitriol und saurem Ferrisulfat dargestellt und durch eingehende Untersuchung die obige Formel desselben bestimmt; die mikroskopischen Krystalle sind Täfelchen nach {001}, begrenzt von {110}, {010} und {100}.

Die natürlichen Krystalle zeigen vorherrschend {001}, ferner $\{10\bar{1}\}$, {508}, {011}, untergeordnet: {100}, {010}, {110} u. a.

Spaltbarkeit nach {010} vollkommen.

Doppelbrechung negativ, schwach; durch {001} ein Axenbild, 1. Mittellinie ca. 30° schief.

Farbe braun mit starkem Pleochroïsmus.

**Cadmiumcerosulfat-Hydrat** $= (SO_4)_{12}Ce_4Cd_6.18H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 1,1336:1:0,7535$ Wyrouboff[2]).

Aus einer stark schwefelsauren Lösung beider Sulfate erhielt Wyrouboff nach $b\{010\}$ tafelförmige Krystalle mit $a\{100\}$, $m\{110\}$ und $q\{011\}$.

---

1) Scharizer, Zeitschr. f. Krystall. 1903, 37, 529.
2) Wyrouboff, Bull. soc. min. 1891, 14, 88. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 22, 283.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : a = (110) : (100) =$ | — | *48° 35′ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *74 0 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 63° 10′ | 63 0 |

**Bleihydroxyferrisulfat** (nat. Plumbojarosit) = $(SO_4)_4(Fe.2OH)_6Pb$.

Spec. Gew. 3,665 (nat. Kryst.).

Trigonal. $\alpha = 90° 18'$ ($a : c = 1 : 1,216$ Penfield, nat. Kryst.).

Das Mineral bildet kleine dünne sechsseitige Täfelchen nach {111}, begrenzt von {100} und {11$\bar{1}$}.

Doppelbrechung negativ.

**Magnesiumhydroxyferrisulfat-Heptahydrat** = $(SO_4)_2(Fe.OH)Mg.7H_2O$ (nat. Botryogen).

Spec. Gew. 2,04—2,14 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,6521 : 1 : 0,5992$; $\beta = 117° 34'$ Haidinger (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet kleine, kurzprismatische Krystalle mit den Formen: {110}, {120}, {010}, {001}, {10$\bar{1}$} u. a.

**Cuprihydroxyaluminiumchlorosulfat-Trihydrat** (nat. Spangolith) = $SO_4ClAl.6Cu(OH)_2.3H_2O$.

Spec. Gew. 3,141 (nat. Kryst.).

Ditrigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 68° 50'$ ($a : c = 1 : 2,0108$ Penfield, nat. Kryst.).

Dieses seltene Mineral kommt in hexagonalen Tafeln nach {111} vor, begrenzt von zahlreichen Bipyramiden 2. Art und dem Prisma {10$\bar{1}$}.

Spaltbarkeit nach {111} sehr vollkommen. Ätzfiguren (mit Säure hervorgebracht) auf {111} ditrigonal.

Brechungsindices für Grün: $\omega = 1,694$, $\varepsilon = 1,641$. Pleochroismus schwach: o grün, e blaugrün.

## Doppelsulfate vier- und einwertiger Metalle.

Krystallisierte Doppelsalze existieren sowohl von den Platinmetallen, als auch von vierwertigem Cer und Thorium, und mehrere derselben spielen eine Rolle bei mikrochemischen Reactionen. Krystallographisch untersucht sind aber nur sehr wenige, und auch betreffs dieser sind noch weitere Untersuchungen erforderlich. So hat Marignac[1]) ein Salz gemessen, für welches er die Formel einer Ceroceriverbindung annahm auf Grund sehr stark abweichender Analysen unreinen Materiales; wahrscheinlich stellen die monoklinen Krystalle desselben ein **Kaliumcerisulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_4CeK_4.2H_2O$ dar; doch bedarf diese Zusammensetzung um so mehr noch der Prüfung, als das entsprechende **Kaliumthoriumsulfat-Dihydrat** = $(SO_4)_4ThK_4.2H_2O$ triklin krystallisiert, während man für beide Verbindungen Isomorphie erwarten sollte. Außerdem ist noch die Krystallform bekannt von dem monoklinen **Ammoniumcerisulfat-Tetrahydrat** = $(SO_4)_5Ce(NH_4)_6.4H_2O$.

1) Ch. de Marignac, Annales des mines 1859, (5) 15, 275. Oeuvres 1, 643.

### Kaliumcerisulfat-Dihydrat = $(SO_4)_4CeK_4 \cdot 2H_2O$(?).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}2160:1:2{,}0925$; $\beta = 100^\circ 40'$ Marignac[1]).

Von Marignac erhalten durch Verdunsten der gemischten Lösung von Cerocerisulfat und Kaliumsulfat in kleinen, lebhaft glänzenden, häufig aber mit einem braunen Niederschlage gemengten Krystallen. Beobachtete Formen: $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\sigma\{10\bar{2}\}$, $b\{010\}$, $t\{012\}$, $y\{113\}$; entweder spitzpyramidale Combination von $o$ und $\omega$ mit untergeordneten Flächen von $c$, $a$ und $\sigma$, oder tafelig nach $c$ mit den Randflächen $b$, $t$, $o$, $\omega$, seltener $y$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *87° 33′ |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 96° 53′ | 96 56 |
| $t:c = (012):(001) =$ | 45 50 | 46 0 |
| $y:y = (113):(1\bar{1}3) =$ | 57 50 | — |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 73 54 | 73 58 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 79 20 | 79 16 |
| $\sigma':c = (\bar{1}02):(001) =$ | 45 12 | 44 50 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *63 40 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *75 40 |
| $y:c = (113):(001) =$ | 38 46 | 38 30 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 50 5 | 50 10 |
| $\omega':t = (\bar{1}11):(012) =$ | 44 50 | 44 53 |
| $y:\omega' = (113):(\bar{1}11) =$ | 71 56 | 71 52 |

Farbe rein gelb.

### Kaliumthoriumsulfat-Dihydrat = $(SO_4)_4ThK_4 \cdot 2H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}6029:1:0{,}5926$ Wyrouboff[2]).

$\alpha = 85^\circ 0'$, $\beta = 95^\circ 12'$, $\gamma = 88^\circ 45'$.

Dieses bereits von Berzelius dargestellte Salz bildet nach Wyrouboff kleine pseudorhombische Krystalle mit den vorherrschenden Formen $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$; an dieser Combination, welche einem nach zwei parallelen Flächen dicktafelförmigen hexagonalen Prisma mit Basis ähnelt, treten als untergeordnete Abstumpfungen auf: $a\{100\}$, $q\{011\}$, $k\{021\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $p\{11\bar{1}\}$, $i\{11\bar{2}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $x\{13\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | 62° 12′ | 62° 4′ |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *31 32 |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *60 12 |
| $b:c = (010):(001) =$ | 95 9 | 95 10 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 31 50 | — |
| $k:c = (021):(001) =$ | 52 45 | — |
| $q:a = (011):(100) =$ | 86 8 | 86 0 |
| $k:a = (021):(100) =$ | 87 45 | 87 42 |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 67 14 | 67 10 |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *84 40 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *88 4 |

2) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 115. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 198.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : c = (111) : (001) =$ | — | *47° 20′ |
| $\omega : c = (1\bar{1}1) : (001) =$ | 48° 37′ | 48 40 |
| $i' : c = (\bar{1}12) : (001) =$ | 28 57 | 29 0 |
| $p' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 45 10 | 45 0 |
| $\mu : c = (1\bar{1}0) : (001) =$ | 83 25 | — |
| $\pi' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 52 43 | 52 40 |
| $o : b = (111) : (010) =$ | 72 0 | 72 10 |
| $\omega : b' = (1\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | 64 2 | 64 0 |
| $p : b = (11\bar{1}) : (010) =$ | 63 55 | 63 44 |
| $\pi : b' = (1\bar{1}\bar{1}) : (0\bar{1}0) =$ | 68 55 | 68 56 |
| $i : b = (13\bar{1}) : (010) =$ | 35 58 | 36 0 |
| $i' : c = (\bar{1}\bar{3}1) : (001) =$ | 61 56 | 61 46 |

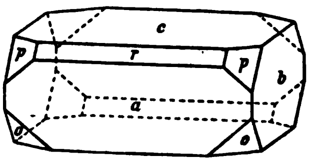
### Ammoniumcerisulfat-Tetrahydrat = $(SO_4)_3Ce(NH_4)_2 \cdot 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}6638 : 1 : 0{,}7838; \quad \beta = 96° 44'$ Geipel[3]).

An Krystallen dieses Salzes, dargestellt von Alth, beobachtete Schabus[4]) die nach $b\{010\}$ dicktafelige und nach der $a$-Axe verlängerte Combination von $b\{010\}$ mit $c\{001\}$ und $a\{100\}$, an welcher untergeordnet auftraten $p\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$ und $m\{110\}$; häufig Zwillinge nach $\varrho\{10\bar{1}\}$. Eine größere Anzahl Messungen eines von ihm dargestellten Präparates teilte Rammelsberg[5]) mit. Geipel, welcher die vorhergehenden Messungen übersehen hat, untersuchte Krystalle, die von Meyer und Jacoby nach der Methode von Rammelsberg dargestellt worden waren, und gab ihnen die hier beibehaltene Aufstellung; dieselben zeigten die Formen (Fig. 765): $a\{100\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $p\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$.

Fig. 765.




| | Berechnet: | Beobachtet: Geipel: | Schabus: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *83° 16′ | 83° 29′ | 83° 30′ |
| $o : o = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 56° 17′ | 56 20 | 57 58 | 57 55 |
| $p : p = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *50 56 | — | 52 4 |
| $o' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 58 31 | 58 20 | — | 58 30 |
| $p : c = (111) : (001) =$ | — | *51 2 | — | 51 30 |
| $m : a = (110) : (100) =$ | 33 24 | — | — | 33 43 |
| $o : a = (11\bar{1}) : (100) =$ | 49 52 | 49 54 | 50 7 | — |
| $p : a = (111) : (100) =$ | 44 11 | 44 15 | 44 35 | 44 0 |
| $r : c = (101) : (001) =$ | 45 51 | 45 0 appr. | — | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene; die 1. Mittellinie ist gegen die Normale zu $c\{001\}$ nach hinten geneigt; Axenwinkel $2E = 49° 33'$ (*Li*), $52° 20'$ (*Na*), $55° 9'$ (*Tl*).

---

3) Geipel, Zeitschr. f. Krystall. 1902, 35, 624.

4) Schabus, Best. d. Krystallgestalten i. chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 103.

5) Rammelsberg, Die neuesten Forsch. i. d. krystallogr. Chemie, Leipzig 1857, 109. Die Formel corrigierte Rammelsberg später (Ber. d. d. chem. Ges. 1876, 9, 1581).

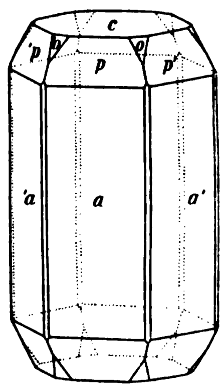
## Doppelsulfate vier- und dreiwertiger Metalle.

Das seit langer Zeit bekannte, hexagonal krystallisierende, rotgelbe schwefelsaure Ceroxydulceroxyd ist erst in neuester Zeit von Brauner[1]) seiner Constitution nach festgestellt worden als ein saures Cerosalz der complexen Cerischwefelsäure, welche außerdem auch mit den anderen dreiwertigen Metallen der seltenen Erden analoge Salze bildet; krystallographisch untersucht wurden die folgenden Glieder einer unzweifelhaft isomorphen Gruppe, welche wahrscheinlich der dihexagonal-bipyramidalen Symmetrieklasse angehört: **Hydrogenlanthano-, Hydrogencero-, Hydrogenpraseodym- und Hydrogenneodymcerisulfat-Dodekahydrat** = $(SO_4)_4CeLaH.12H_2O$, $(SO_4)_4CeCeH.12H_2O$, $(SO_4)_4CePrH.12H_2O$ und $(SO_4)_4CeNdH.12H_2O$.

Außer dem erwähnten Cersalze bilden aber Cero- und Cerisulfat noch andere Doppelsalze; von drei solchen Cerocerisulfaten, welche von Mager (wahrscheinlich im Anschlusse an seine und Dennis Untersuchung über das rote und gelbe Cerhydroxyd, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1894, 7, 263) dargestellt worden waren, liegen krystallographische Bestimmungen von Eakle (Privatmitt.) vor, nach denen sie sämtlich dem monoklinen Systeme angehören; da über ihre Darstellung und chemische Zusammensetzung nichts veröffentlicht worden ist, so müssen ihre Formeln vorläufig noch als zweifelhaft betrachtet werden.

### Hydrogenlanthanocerisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_4CeLaH.12H_2O$.

Fig. 766.




Hexagonal.

$a:c = 1:2,3349$ Krejčí[1]).

Dargestellt von Brauner[1]); aus einer Lösung von Lanthansulfat mit etwas mehr, als der äquivalenten Menge Cerisulfat und stark überschüssiger Schwefelsäure scheiden sich nach langem Stehen prismatische bernsteingelbe Krystalle der Combination (Fig. 766) aus: $a\{10\bar{1}0\}$, $c\{0001\}$, $p\{10\bar{1}1\}$, $o\{11\bar{2}3\}$, $b\{11\bar{2}0\}$. Nur angenähert meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p_, = (10\bar{1}1):(10\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *40° 42′ |
| $o:p = (11\bar{2}3):(10\bar{1}1) =$ | 29° 25′ | 29 51 |

### Hydrogencerocerisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)CeCeH.12H_2O$.

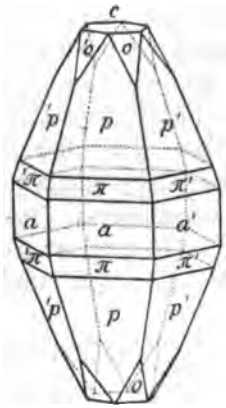
Hexagonal. $a:c = 1:2,3081$ Vrba[1]).

Dargestellt von Brauner[1]) aus Cerosulfat, Cerisulfat und Schwefelsäure, die beiden letzteren im Überschusse; schöne Krystalle bilden sich auch, wenn

1) Brauner (mit krystall. Unters. von Krejčí, Slavík und Vrba), böhmisch: Rozpravy české Akad. Prag 1904, russ.: Journ. soc. phys.-chim. St. Pétersbourg 1904, 36, 647), deutsch: Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904, 39, 270. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 42, 671.

normales Cerisulfat mit viel Schwefelsäure der allmählichen Reduction durch den Luftstaub ausgesetzt wird; zuerst beschrieben von Rammelsberg[2]) in prismatischen Krystallen $a\{10\bar{1}0\}$ mit $c\{0001\}$ und $p\{10\bar{1}1\}$, oft auch letzteres vorherrschend, zuweilen noch $o\{11\bar{2}3\}$. Schabus[3]) beobachtete an einem Präparate von Alth die spitzbipyramidale Combination $a\{10\bar{1}0\}$, $p\{10\bar{1}1\}$ oder dieselben Formen mit untergeordnetem $c\{0001\}$ und eine Vicinalform zu $\{10\bar{1}0\}$, welcher er das Symbol $\{80\bar{8}1\}$ gibt. Die von Vrba untersuchten Krystalle zeigten die Combination (Fig. 767): $p\{10\bar{1}1\}$, $a\{10\bar{1}0\}$, $\pi\{30\bar{3}2\}$, $o\{11\bar{2}3\}$, $c\{0001\}$, untergeordnet auch $b\{11\bar{2}0\}$.

Fig. 767.




| | Berechnet: | Beobachtet: Vrba: | Rammels-berg: | Scha-bus: |
|---|---|---|---|---|
| $p:c = (10\bar{1}1):(0001) =$ | — | *69°26′ | 70° 0′ | 69°34½′ |
| $\pi:c = (30\bar{3}2):(0001) =$ | 75°57′ | 76 29 | — | — |
| $o:c = (11\bar{2}3):(0001) =$ | 56 59 | 56 43 | 57 23 | — |
| $p:p' = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 55 50 | 55 44 | — | 56 13 |
| $p:o = (10\bar{1}1):(11\bar{2}3) =$ | 29 23 | 29 22 | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{0001\}$.

Doppelbrechung negativ. Farbe rotgelb; nach Schabus ist $\omega$ dunkelhoniggelb, $\varepsilon$ citrongelb.

### Hydrogenpraseodymcerisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_4CePrH \cdot 12H_2O$.

Hexagonal. $a:c = 1:2{,}1771$ Vrba[1]).

Dargestellt von Brauner[1]) aus der Lösung äquivalenter Mengen beider Sulfate in verdünnter Schwefelsäure. Combination nach Vrba (Fig. 768): $o\{11\bar{2}3\}$, $b\{11\bar{2}0\}$, $a\{10\bar{1}0\}$, selten $c\{0001\}$. Nur angenähert meßbar.

Fig. 768.

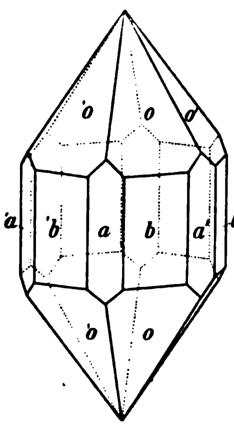
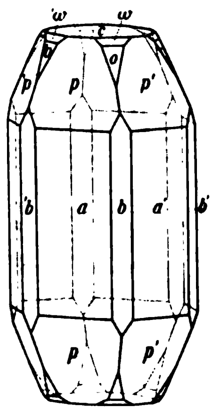



Fig. 769.




| | Berechn.: | Beob.: |
|---|---|---|
| $o:o' = (11\bar{2}3):(\bar{1}\bar{1}23) =$ | — | *110°52′ |
| $o:o = (11\bar{2}3):(2\bar{1}\bar{1}3) =$ | 50°51′ | 50 37 |

Farbe grüngelb.

### Hydrogenneodymcerisulfat-Dodekahydrat = $(SO_4)_4CeNdH.12H_2O$.

Hexagonal.

$a:c = 1:2{,}6669$ Slavík[1]).

Brauner[1]) erhielt aus der Lösung äquivalenter Mengen Neodym- und Cerisulfat in verdünnter Schwefelsäure zuerst ein Gemenge anderer Salze, dann aus der Mutterlauge nach mehrjährigem Stehen prismatische Krystalle, welche nach Slavík die Formen (Fig. 769) zeigten: $a\{10\bar{1}0\}$, $p\{10\bar{1}1\}$, $c\{0001\}$, $b\{11\bar{2}0\}$, $o\{11\bar{2}3\}$, $\omega\{11\bar{2}6\}$.

---

2) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 239 und Poggendorffs Ann. d. Phys. 1859, 108, 45.

3) Schabus, Best. d. Krystallgestalten i. chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 47.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:c = (10\bar{1}1):(0001) =$ | — | *69° 6′ |
| $o:c = (11\bar{2}3):(0001) =$ | 56° 31′ | 56 35 |
| $\omega:c = (11\bar{2}6):(0001) =$ | 37 5 | 36 57 |
| $p:p = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 55 42 | 55 58 |
| $p:o = (10\bar{1}1):(11\bar{2}3) =$ | 29 21 | 29 25 |
| $o:o = (11\bar{2}3):(2\bar{1}\bar{1}3) =$ | 49 18 | 49 13 |

Spaltbarkeit nach $a\{10\bar{1}0\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark. Pleochroïsmus: $\omega$ gelbgrün, $\varepsilon$ heller grün (Slavík Privatmitt.).

### Dicerocerisulfat-16½-Hydrat = $(SO_4)_5CeCe_2 . 16\frac{1}{2}H_2O$ (?).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7159:1:1,3296; \quad \beta = 94°1'$ Eakle.

Das Salz krystallisiert nach Mager aus einer schwefelsauren Lösung des roten Cerhydroxydes (s. S. 581); Eakle (Privatmitt.) beobachtete die nach $m$ kurzprismatische Combination: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 4′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *86 44 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *62 52 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 63° 37′ | 63 30 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 53 3 | 53 0 |

### Dicerotetracerisulfat-16-Hydrat = $(SO_4)_{11}Ce_4Ce_2 . 16H_2O$ (?).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,6023:1:1,8978; \quad \beta = 111°8'$ Eakle.

Erhalten von Mager aus einer schwefelig-schwefelsauren Lösung des gelben Cerhydroxydes (s. S. 581). Nach Eakle rectanguläre dicktafelige Krystalle mit den Formen: $a\{100\}$ vorherrschend, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, untergeordnet: $\sigma\{10\bar{2}\}$, $r\{101\}$, $n\{210\}$, $q\{011\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *68° 52′ |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *56 13 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *62 13 |
| $\sigma':c = (\bar{1}02):(001) =$ | 35° 5′ | 35 5 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 62 35 | 62 44 |
| $n:a = (210):(100) =$ | 36 47 | 36 46 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 37 46 | 37 45 |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 26 49 | 26 30 |
| $\xi:\omega = (11\bar{2}):(11\bar{1}) =$ | 21 44 | 21 43 |

### Dicerooktocerisulfat-45-Hydrat = $(SO_4)_{19}Ce_8Ce_2 . 45H_2O$ (?).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,5122:1:1,5156; \quad \beta = 105°13'$ Eakle.

Dargestellt von Mager aus schwefelsaurer Lösung von Cerihydroxyd. Das Salz bildet nach Eakle farblose, nach der $b$-Axe etwas verlängerte Krystalle der Combination: $a\{100\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $s\{102\}$, $\tau\{30\bar{2}\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q : c = (011) : (001) =$ | — | *56° 35′ |
| $r : c = (101) : (001) =$ | — | *37 26 |
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *74 47 |
| $s : c = (102) : (001) =$ | 23° 8′ | 22 59 |
| $\tau' : c = (\bar{3}02) : (001) =$ | 67 21 | 67 26 |
| $m : a = (110) : (100) =$ | 55 22 | 55 23 |

## Polychromate und deren Verbindungen mit Halogeniden.

Die der Pyroschwefelsäure (über deren Salze krystallographisch nichts bekannt ist) analoge Dichromsäure bildet bekanntlich vorwiegend Salze der einwertigen Metalle, welche wegen ihrer großen Krystallisationsfähigkeit mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen sind. Dies gilt besonders für das bekannte, aus wässeriger Lösung bei allen Temperaturen wasserfrei triklin krystallisierende **Kaliumdichromat** $= Cr_2O_7K_2$, von welchem Mitscherlich[1]) angibt, daß es sich aus dem Schmelzflusse in Krystallen von derselben Form ausscheide. Diese durch keinerlei Messungen belegte Angabe beruht sicher auf einem Irrtume, da nach Mitscherlich gleichzeitig beim Abkühlen ein Zerfallen der Krystalle eintritt; daß hierbei in der Tat eine Umwandlung in die gewöhnliche Modification eintritt, zeigte Lehmann[2]), nach welchem die Umwandlung auch im umgekehrten Sinne bei Wärmezufuhr erfolgt; über die Temperatur der Umwandlung und über die Form der Krystalle gibt er nichts an. Nach Sahmen und Tammann[3]) bilden sich aus der Schmelze bei 400° schöne durchsichtige trikline(?) Krystalle, welche bei 240° zu einem Pulver zerfallen; hierbei findet eine sehr große Ausdehnung, aber keine merkliche Wärmetönung statt. **Rubidiumdichromat** $= Cr_2O_7Rb_2$ existiert in zwei Modificationen, einer monoklinen, welche bei tieferen Temperaturen stabil zu sein scheint, denn Goßner (Privatmitt.) erhielt sie bei 35° allein, bei 45° beide und zwischen 70° und 80° nur die zweite; letztere krystallisiert triklin mit ähnlichen Formen und Cohäsionsverhältnissen, wie das Kaliumsalz, aber mit einigen erheblichen Abweichungen der Winkel; ob hier die correspondierenden Modificationen vorliegen, kann nur durch Mischungsversuche entschieden werden. Vom **Cäsiumdichromat** $= Cr_2O_7Cs_2$ liegt nur eine unvollständige Messung vor, nach welcher die Krystalle wahrscheinlich mit denen des Kaliumsalzes isomorph sind. **Ammoniumdichromat** $= Cr_2O_7(NH_4)_2$ krystallisiert monoklin, vollkommen isomorph mit der ersten Modification des Rubidiumsalzes. Hiernach ist auch die mögliche Existenz einer monoklinen Modification des Kaliumdichromates anzunehmen, welche aber vielleicht nur in isomorphen Mischungen mit dem Ammoniumsalze, die noch

1) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1833, 28, 120. M.s Gesam. Schriften 349.
2) O. Lehmann, Zeitschr. f. Krystall. 1877, 1, 112. Molekularphysik, Leipzig 1888, 1, 172.
3) R. v. Sahmen u. Tammann, Ann. d. Phys. 1903, 10, 879. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 41, 283.

nicht untersucht wurden, stabil ist. Von den dichromsauren Salzen des alkylierten Ammoniums ist nur ein einziges gemessen worden, das rhombisch krystallisierende **Tetramethylammoniumdichromat** $= Cr_2O_7(N.4CH_3)_2$. Ebenfalls wasserfrei und zwar triklin, aber verschieden von den Alkalisalzen, krystallisiert endlich noch **Silberdichromat** $= Cr_2O_7Ag_2$. Wasserhaltige Salze sind nur zwei untersucht: das monokline **Natriumdichromat-Dihydrat** $= Cr_2O_7Na_2.2H_2O$ und das ebenfalls monokline **Strontiumdichromat-Trihydrat** $= Cr_2O_7Sr.3H_2O$. Das Kaliumsalz bildet ferner die folgenden Verbindungen mit Quecksilberchlorid bzw. -cyanid: **Kaliumdichromat-Mercurichlorid** $= Cr_2O_7K_2.HgCl_2$, rhombische Krystalle, von welchen zwei sehr wenig übereinstimmende goniometrische Untersuchungen vorliegen und die daher nochmals genauer untersucht werden müssen. In ganz gleich aussehenden Krystallen, von denen er jedoch keine Messungen angibt, hat Wyrouboff[4]) das entsprechende Ammoniumsalz zuweilen unter nicht näher bestimmten Bedingungen erhalten statt der gewöhnlich sich bildenden monoklinen Modification, daher er das **Ammoniumdichromat-Mercurichlorid** $= Cr_2O_7(NH_4)_2.HgCl_2$ für dimorph hält, was natürlich noch eine weitere Prüfung erheischt. **Kaliumdichromat-Mercuricyanid-Dihydrat** $= Cr_2O_7K_2.Hg(CN)_2.2H_2O$ krystallisiert rhombisch.

**Kaliumtrichromat** $= Cr_3O_{10}K_2$ krystallisiert monoklin; **Rubidiumtrichromat** $= Cr_3O_{10}Rb_2$ bildet nach Wyrouboff[5]) neben einander hexagonale, positiv doppeltbrechende, und rhombische Krystalle von der Form des Ammoniumsalzes, aber mit stärkerer Dispersion der optischen Axen, welche für Rot in {010} ($2E = 26°6'$), für Grün in {001} ($2E = 44°$) liegen; bei größerem Salpetersäuregehalte der Lösung herrscht die rhombische Modification vor (Messungen beider Arten von Krystallen werden nicht angegeben). **Cäsiumtrichromat** $= Cr_2O_{10}Cs_2$ ist nur in einer, von der hexagonalen des Rubidiumsalzes sicher verschiedenen, trigonalen Form bekannt. **Ammoniumtrichromat** $= Cr_3O_{10}(NH_4)_2$ krystallisiert, wie eben erwähnt, rhombisch; seine Axenverhältnisse sind auffallend ähnlich denen des Kaliumsalzes, aber Habitus und Spaltbarkeit ganz verschieden; aus einer salpetersauren Lösung beider Salze bilden sich nach Wyrouboff[6]) dreierlei Krystalle: 1) monokline von der Form der Kaliumverbindung mit bis 58% $Cr_3O_{10}(NH_4)_2$, 2) große hexagonale (s. S. 596, bei Anwendung stärker verdünnter Säure werden die Grenzen etwas weiter), 3) kleine nadelförmige rhombische Krystalle von der Form des Ammoniumsalzes mit 72—100% $Cr_3O_{10}(NH_4)_2$; bei einer Mischung mit 26,4% $Cr_3O_{10}K_2$ betrug der Axenwinkel $2E$ nur $24°20'$. Trotzdem also das Kaliumsalz bedeutende Mengen Ammoniumsalz in isomorpher Mischung aufzunehmen vermag, und ebenso umgekehrt, gelingt es auch aus übersättigter Lösung nicht,

4) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1880, 3, 145. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 681.
5) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1881, 4, 129. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 640.
6) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1881, 4, 17. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 637.

rhombische Krystalle von reinem $Cr_3O_{10}K_2$ oder monokline von $Cr_3O_{10}(NH_4)_2$ zu erhalten; ebenso ist auch für die dritte Modification dieser Salze, die hexagonale, die Stabilität bei der reinen Kalium- und der reinen Ammoniumverbindung so gering, daß es nicht möglich war, sie darzustellen; sie existiert nur in den isomorphen Mischungen beider von der angegebenen Zusammensetzung und, wie erwähnt, im Rubidiumsalze, während die Cäsiumverbindung ebenfalls eine optisch einaxige, aber trigonale Modification zeigt. Die nähere Untersuchung des Rubidiumsalzes und die Darstellung von Mischkrystallen desselben mit den übrigen Gliedern dieser isotri- oder isotetramorphen Gruppe würde wohl deren Verhältnisse aufzuklären imstande sein.

**Kaliumtetrachromat** $= Cr_4O_{13}K_2$ krystallisiert monoklin, und mit ihm ist unzweifelhaft isomorph **Ammoniumtetrachromat** $= Cr_4O_{13}(NH_4)_2$, welches nach Wyrouboff[6]) (l. c. 24) dünne Tafeln nach $c\{001\}$ mit gekrümmten Randflächen bildet, deren ebener Winkel 77°16′ beträgt (beim Kaliumsalze ist der Winkel der Kanten von $c\{001\}$ mit $m\{110\}$ = 77°52′) und welche ebenso ein Axenbild zeigen. Unsicher ist die Zusammensetzung eines monoklinen Salzes, welches als **Dekaammoniumtetrachromat** $= Cr_4O_{17}(NH_4)_{10}$ angegeben wurde.

### Kaliumdichromat $= Cr_2O_7K_2$.

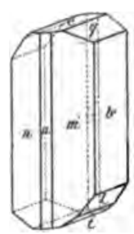
Spec. Gew. 2,692 Playfair und Joule[7]), 2,689 Schabus[8]), 2,670 Wyrouboff[9]).

Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}5575 : 1 : 0{,}5511 \text{ Schabus}^{8)}.$$
$$\alpha = 82°0', \qquad \beta = 90°51', \qquad \gamma = 83°47'.$$

Schabus erhielt gut meßbare Krystalle nur durch langsames Abkühlen einer warm gesättigten Lösung; dieselben zeigten die Formen (Fig. 770): $b\{010\}$, wonach die Krystalle mehr oder minder tafelig erscheinen, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, gewöhnlich auch $m\{110\}$, $n\{1\bar{1}0\}$ und $t\{01\bar{1}\}$, mit kleineren Flächen und weniger häufig: $l\{02\bar{1}\}$, ferner $o\{111\}$ und $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$ in der Zone $[100:011]$ vor und hinter $q\{011\}$, dann $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $\nu\{1\bar{5}0\}$, endlich als schmale Flächen in der Zone $[010:001]$ $w\{052\}$ und $v\{041\}$. Sella[10]) fügte dazu $\pi\{11\bar{1}\}$, $k\{021\}$, $\varkappa\{012\}$ und $x\{210\}$, beobachtete aber $o\{111\}$, $\nu\{1\bar{5}0\}$, $w\{052\}$ und $v\{041\}$ nicht. Fock[11]), welchem das Salz als amidochromsaures Lithium übergeben worden war, führt die Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $l\{02\bar{1}\}$ und als nur einmal beobachtet $t\{01\bar{1}\}$ an. Sella beobachtete Zwillinge nach drei verschiedenen Gesetzen: 1) Zwillings-

Fig. 770.



7) Playfair u. Joule, Journ. Chem. Soc. London 1, 137.

8) Schabus, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1850, 5, 369.

9) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1890, 13, 306. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 21, 284.

10) A. Sella, Atti R. Accad. d. Sc. Torino 1889, 25, 153. Rivista d. min. e crist. ital. 1890, 6, 58. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 20, 182.

11) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1894, 28, 216. S. Wyrouboff, Bull. soc. chim. Paris 1894, (3) 11, 845. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 26, 329.

ebene $b\{010\}$; 2) Zwillingsaxe [001]; 3) Zwillingsaxe [101]; Verwachsungsfläche ist bei allen drei Gesetzen $b\{010\}$. Einige Messungen an Spaltungsflächen gab auch Dufet[12]).

| | Berechnet: | Beobachtet: Schabus: | Sella: | Fock: | Dufet: |
|---|---|---|---|---|---|
| $a : b = (100):(010) =$ | — | *96°24′ | 96°24′ | 96°43′ | 96°23′ |
| $b : c = (010):(001) =$ | — | *98 9 | 98 11 | 98 14 | 98 11 |
| $c : a = (001):(100) =$ | — | *88 15 | — | 88 3 | 88 13 |
| $m : b = (110):(010) =$ | 65°34′ | 65 35 | 65 37 | 65 48 | — |
| $n : b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *55 50 | 55 51 | — | — |
| $\nu : b' = (1\bar{5}0):(0\bar{1}0) =$ | 18 57 | 18 54 | — | — | — |
| $x : b = (210):(010) =$ | 80 18 | — | 79 30 ca. | — | — |
| $v : b = (041):(010) =$ | 25 30 | 25°12′—25°50′ | — | — | — |
| $w : b = (052):(010) =$ | 38 31 | 38 20 —39 0 | — | — | — |
| $k : b = (021):(010) =$ | 45 40 | — | 45 41 | — | — |
| $q : b = (011):(010) =$ | — | *67 22½ | 67 23 | 67 15 | — |
| $\varkappa : b = (012):(010) =$ | 82 12 | — | 82 15 | — | — |
| $t : b = (01\bar{1}):(010) =$ | 54 53 | 54 54 | 54 55 | 54 30 ca. | — |
| $l : b = (02\bar{1}):(010) =$ | 38 22 | 38°18′—38°28′ | 38 22 | 38 16 | — |
| $\varrho : b = (10\bar{1}):(010) =$ | 88 41 | 88 40 | 88 56 | — | — |
| $r : b' = (101):(0\bar{1}0) =$ | 79 50 | 79 49 | — | — | — |
| $o : b = (111):(010) =$ | 77 49 | 77 51 | — | — | — |
| $\pi : b = (11\bar{1}):(010) =$ | 67 0 | — | 67 3 | — | — |
| $\omega : b' = (1\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}0) =$ | 69 17 | 69 18 | 69 9 | — | — |
| $r : a = (101):(100) =$ | 44 33 | 44 33 | — | — | — |
| $\varrho : a = (10\bar{1}):(100) =$ | 46 20 | 46 17½ | — | — | — |
| $q : a' = (011):(\bar{1}00) =$ | 88 20 | 88 17 | — | 88 20 | — |
| $o : q = (111):(011) =$ | 43 17 | 43 18½ | — | — | — |
| $\omega' : q = (\bar{1}11):(011) =$ | 41 48 | 41 49 | — | — | — |
| $q : \varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | 50 3 | 50 33½ | — | — | — |
| $m : c = (110):(001) =$ | 92 30 | — | — | 92 15 | — |
| $n : c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 84 44 | 84 43 | — | — | — |
| $\omega : c = (\bar{1}11):(001) =$ | 52 52 | 52 55 | — | — | — |
| $q : m = (011):(110) =$ | 80 7 | — | — | — | — |
| $'l : a = (0\bar{2}1):(100) =$ | 84 27 | — | — | 84 11 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $a\{100\}$ und $c\{001\}$ deutlich (Schabus).

Die Ätzfiguren beschrieb Baumhauer (Poggendorffs Ann. d. Phys. 1870, **140**, 274).

Doppelbrechung positiv. Die Ebene der optischen Axen ist nach Dufet nahe senkrecht zu $c\{001\}$ und liegt zwischen den beiden Flächen (100) und $(0\bar{1}0)$. Der Pol der 1. Mittellinie liegt zwischen den Polen von $(0\bar{1}0)$, (100) und $(00\bar{1})$, jener der 2. Mittellinie zwischen den Polen von $(0\bar{1}0)$, (100) und (001) und nahezu in der Zone [001 : 010]. Dufet hat $2E$, $2V$, $\beta$, die Winkel zwischen den Polen der beiden optischen Axen und dem Pol von $(0\bar{1}0)$ und den Winkel zwischen dem Pol der zweiten optischen Axe und jenen von (100) für *Na*-Licht direct gemessen und daraus folgende Werte berechnet:

$$\alpha = 1{,}7202; \quad \beta = 1{,}7380; \quad \gamma = 1{,}8197; \quad 2E = 98°58'; \quad 2V = 51°53.$$

12) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 346. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 288.

| | Axe I | Axe II | 1. Mittellinie | 2. Mittellinie |
|---|---|---|---|---|
| zu ⊥(0$\bar{1}$0) | 7° 57′ | 48° 23′ | 23° 5′ | 68° 6′ |
| » (100) | 76 52 | 79 59 | 77 5 | 86 27 |
| » (001) | 77 37 | — | — | 13 43 |
| » (00$\bar{1}$) | — | 50 29 | 76 21 | — |

Für *Li* ist $2V = 52°24'$.

Den Pleochroïsmus untersuchte Beer (Poggendorffs Ann. d. Phys. 1851, 82, 429).

Nach Hankel und Lindenberg[13]) nehmen erwärmte Krystalle beim Abkühlen auf den Flächen von *b*{010} und *a*{100} die gleiche, auf jenen von *c*{001} dagegen entgegengesetzte Elektricität an, und zwar wird (001) meist positiv, (00$\bar{1}$) negativ; nur wenige Krystalle zeigen das umgekehrte Verhalten.

## Rubidiumdichromat = $Cr_2O_7Rb_2$.

### Monokline Modification.

Spec. Gew. 3,021 Wyrouboff[9]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}0202:1:1{,}8081$; $\beta = 93°28\frac{1}{2}'$ Goßner.

Größere meßbare Krystalle erhält man, immer neben der triklinen Modification, nach Wyrouboff[5]) (l. c. 123) und Stortenbeker[14]) aus wässeriger Lösung nur bei Temperaturen über 35°. Ersterer beobachtete die Formen *c*{001}, *ϱ*{10$\bar{1}$}, *q*{011}, *k*{013} und *ω*{11$\bar{1}$}; Letzterer führt außerdem in sehr schmaler Ausbildung *r*{101} an und fand *ω*{11$\bar{1}$} und *k*{013} nicht. Nach Beiden sind die Krystalle prismatisch verlängert nach der *b*-Axe, bei mehr oder minder tafeliger Ausbildung nach *c*{001} (Wyrouboff) und *ϱ*{10$\bar{1}$} (Stortenbeker). Goßner (Privatmitt.) erhielt beim langsamen Abkühlen einer in höherer Temperatur gesättigten Lösung auf 45° (neben der triklinen Modification) nach *c*{001} dünntafelige Kryställchen mit quadratischem Umrisse, z. Teil auch etwas verlängert nach der *a*-Axe, weniger häufig nach der *b*-Axe, welche neben den genannten Formen fast immer noch *m*{110} und *o*{111} zeigten; diese, ebenso wie *ω*{11$\bar{1}$}, *r*{101} und das nicht immer vorhandene *k*{013} treten in ihrer Ausbildung stark zurück. Große, nach der *b*-Axe prismatisch verlängerte, nach *ϱ*{10$\bar{1}$} zugleich dicktafelige, Krystalle wurden beim Abkühlen einer Lösung von 45°—35° erhalten (ohne Bildung der triklinen Modification); sie zeigten außer den genannten Formen häufig noch *a*{100} und sehr untergeordnet *b*{010}, während *o*{111} immer fehlte.

| | Berechnet: | Beobachtet: Goßner: | Stortenbeker: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | 86°31½′ | 86°29′ | — | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *60 59 | 61° 1′ | 60°46′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *63 12 | 63 18 | 62 34 |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *58 9 | 58 8 | — |
| $k:c = (013):(001) =$ | 31 2 | 30 36 | — | 30 40 |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 91 2 | — | — | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | 87 34 | 87 41 | — | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 66 30 | 66 21 | — | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 70 31½ | 70 31 | — | 70 0 |
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 42 19 | 42 13 | — | 42 4 |

13) Hankel u. Lindenberg, Abh. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig 1892, 18, 361 und 1894, 21, 11. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 27, 515.

14) Stortenbeker, Recueil d. Trav. chim. d. Pays-Bas 1907, 26, 242.

| | Berechnet: | Beobachtet: Goßner: | Stortenbeker: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|---|
| $o:r$ | $= (111):(101) = 40°55'$ | 40°51' | — | — |
| $\omega':q$ | $= (\bar{1}11):(011) = 41\ 22$ | 41 50 | — | 41°16' |
| $q:\varrho'$ | $= (011):(\bar{1}01) = 77\ \ 4$ | 77 14 | 77°18' | — |
| $q:m$ | $= (011):(110) = 49\ 52$ | 49 36 | — | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ unvollkommen (Wyrouboff).

Doppelbrechung negativ, sehr stark; Axenebene nach Wyrouboff[9]) (l. c. 302) senkrecht zu $b\{010\}$; die 2. Mittellinie bildet in der Symmetrieebene 42° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; $2V = 83°16'$.

### Trikline Modification.

Spec. Gew. 3,125 Wyrouboff[9]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}5609:1:0{,}5690 \text{ Wyrouboff}^{9)}.$$
$$\alpha = 91°0', \qquad \beta = 93°52', \qquad \gamma = 81°34'.$$

Nach $b\{010\}$ tafelige Krystalle mit den Formen $a\{100\}$, $c\{001\}$, $t\{0\bar{1}1\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $k\{021\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ erhielt Wyrouboff (l. c. 302) neben der monoklinen Modification über 35° aus wässeriger Lösung. Goßner (Privatmitt.), dessen Messungen trotz guter Flächenbeschaffenheit z. Teil unter einander und mit denen von Wyrouboff nicht gut übereinstimmten, beobachtete beim Abkühlen einer warm gesättigten Lösung auf 45° trikline vierseitige Tafeln $b\{010\}$ mit $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$ und $t\{0\bar{1}1\}$ neben der monoklinen Form, bei 70°—80° nur trikline Tafeln. Eine ältere Messung von Grandeau[15]) entspricht am wahrscheinlichsten $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Goßner: | Grandeau: |
|---|---|---|---|---|
| $a:b'$ | $= (100):(0\bar{1}0) =$ — | *81°27' | 81°30' | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ — | *86 15 | 86 50 | — |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ — | *89 34 | 87 40 | — |
| $\mu:b'$ | $= (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ — | *54 28 | 54 28 | — |
| $t:b'$ | $= (0\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ — | *60 28 | 61 26 | — |
| $k:b$ | $= (021):(010) = 40°26'$ | — | — | — |
| $\omega:b$ | $= (11\bar{1}):(010) = 73\ 10$ | 73 15 | — | — |
| $m:b$ | $= (110):(010) = 67\ 32$ | — | — | 65°47' |
| $t:a$ | $= (0\bar{1}1):(100) = 82\ 28$ | 82 40 | 82 49 | — |
| $k:a$ | $= (021):(100) = 86\ 28$ | 86 25 | — | — |
| $\mu:c$ | $= (1\bar{1}0):(001) = 87\ \ 7$ | — | 86 50 | — |
| $\mu:t$ | $= (1\bar{1}0):(0\bar{1}1) = 70\ 26$ | 70 24 | — | — |
| $\omega':c$ | $= (\bar{1}\bar{1}1):(001) = 49\ 44$ | — | — | — |
| $\omega:a$ | $= (11\bar{1}):(100) = 52\ 28$ | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $c\{001\}$ vollkommen und nach $a\{100\}$ deutlich (Goßner).

Doppelbrechung positiv; Axenebene nach Wyrouboff senkrecht $b\{010\}$ und unter 20° geneigt zur $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; die 1. Mittellinie bildet ca. 20° mit der Normalen zu $b\{010\}$ nach $(1\bar{1}\bar{1})$ hin geneigt; $2E = 107°42'$, $\varrho < v$; wenig deutliche horizontale Dispersion.

15) Grandeau, Ann. chim. phys. 1863, (3) 67, 227.

### Cäsiumdichromat = $Cr_2O_7Cs_2$.

Triklin pinakoidal.

Auch bei langsamem Erkalten heiß gesättigter Lösungen des sehr schwer löslichen Salzes konnte Fraprie[16]) nur schlecht ausgebildete, sehr stark gestreifte Krystalle erhalten, welche nur angenäherte Messungen zuließen. Die beobachteten Formen sind: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $t\{0\bar{1}1\}$, $q\{011\}$.

$$q:b = (011):(010) = 66°30' \text{ beob.}$$
$$q:c = (011):(001) = 31\ 15 \quad »$$
$$t:b' = (0\bar{1}1):(0\bar{1}0) = 58\ 30 \quad »$$

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

### Ammoniumdichromat = $Cr_2O_7(NH_4)_2$.

Spec. Gew. 2,150 Wyrouboff[9]), 2,12—2,18 Abbot[17]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}0271:1:1{,}7665; \quad \beta = 93°42' \text{ Rammelsberg}^{18})$$

Brooke[19]) hat zuerst, ohne nähere Angabe der Zusammensetzung, Krystalle der einfachen Combination $c\{001\}$, $s\{101\}$, $p\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$ beschrieben; die von ihm noch angeführte Form $\sigma\{20\bar{1}\}$ fanden spätere Beobachter nicht. Weiß[20]) und Rammelsberg beobachteten außerdem noch $b\{010\}$ und $q\{011\}$, Rammelsberg auch $x\{116\}$ und $\xi\{11\bar{6}\}$; $q\{011\}$ fand auch Schabus[21]) selten und ganz untergeordnet. Die Krystalle sind gewöhnlich tafelig nach $c\{001\}$, nach Schabus auch nach $s\{101\}$, bisweilen prismatisch verlängert nach der $b$-Axe. Krystalle von der ersteren Ausbildung schießen nach Rammelsberg zuerst aus der Lösung an; die weitere Krystallisation durch langsames Verdunsten gab ihm Krystalle von sehr unsymmetrischer Ausbildung; dieselben waren bei tafeliger Ausbildung nach $c\{001\}$ verlängert nach der Kante [111, 001], und die Flächen einer und derselben Form fehlten entweder teilweise oder waren ganz ungleich in ihrer Größe. Von Weiß gemessene Krystalle mit den Formen $c\{001\}$, $p\{111\}$, $s\{101\}$, untergeordnet $r\{10\bar{1}\}$ und $o\{11\bar{1}\}$, waren prismatisch verlängert nach der Kante $[111:1\bar{1}1]$, während er die tafelig ausgebildeten Krystalle als $CrO_4(NH_4)_2$ beschrieb. Fock[11]) hat an nach $c\{001\}$ tafeligen Krystallen, welche ihm als amidochromsaures Ammonium bzw. Kalium zur Messung übergeben waren, die Formen $p\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, ganz untergeordnet und oft auch fehlend $s\{101\}$, $b\{010\}$, $r\{10\bar{1}\}$ beobachtet.

Fig. 771.

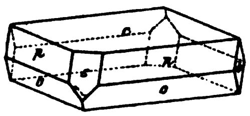
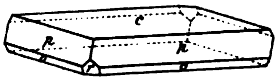


Fig. 772.



| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Schabus: | Brooke: | Weiß: | Fock: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | 81°32′ | 81°45′ | 81°58′ | 81°52′ | 81°44′ | 81°54′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | 60 26 | 60°—61° | — | — | 60 26 | — |
| $o:b = (11\bar{1}):(010) =$ | — | *47°38′ | — | — | 47 49 | 47 43 |

16) Fraprie, Zeitschr. f. Krystall. 1907, **42**, 118. Amer. Journ. Sc. 1906, (4) **21**, 315.
17) Abbot in F. W. Clarke, Specif. Grav. f. Solids etc. Washington 1888, 108.
18) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1863, **118**, 158. Die hier mit $p$, $o$, $s$ und $r$ bezeichneten Formen entsprechen $o$, $\omega$, $r$, und $\varrho$ beim $Cr_2O_7Rb_2$ (S. 588).
19) Brooke, Annals of Philos. 1823, **22**, 287.
20) Weiß, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1859, **37**, 378.
21) Schabus, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1862, **116**, 420.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Schabus: | Brooke: | Weiß: | Fock: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *70° 8′ | 69° 58½′ | 69° 50′ | 69° 51′ | 69° 48′ |
| $s:c = (101):(001) =$ | 57° 5′ | 56 36 | 57 11½ | 57 29 | 57 53 | 57 21 |
| $r:c = (\bar{1}01):(001) =$ | 62 37 | — | 62 16 | — | — | 61 23 |
| $\sigma:c = (\bar{2}01):(001) =$ | 77 14 | — | — | 78 2 | — | — |
| $p:o = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *44 10 | 44 20 | 44 13 | 44 20 | 44 16 |
| $p:x = (111):(116) =$ | 43 33 | 45 ca. | — | — | — | — |
| $o:\xi = (11\bar{1}):(11\bar{6}) =$ | 47 27 | 48 ca. | — | — | — | — |
| $p:q = (111):(011) =$ | 39 33 | — | 39 18 | — | — | — |
| $o':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 41 5 | — | 41 12 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $r\{101\}$ deutlich, nach $b\{010\}$ unvollkommen (Schabus, Brooke).

Ebene der optischen Axen nach Wyrouboff[4]) (l. c. 141) $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 35⅓° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; $2H = 104°$ (für Rot). Merklicher Pleochroïsmus.

### Tetramethylammoniumdichromat = $Cr_2O_7(N.4CH_3)_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}6168:1:0{,}4986 \text{ Hiortdahl}^{22)}.$$

Dargestellt von Hiortdahl; die ebenso wie das Kaliumsalz gefärbten Krystalle zeigen die Combination (Fig. 773): $b\{010\}$, $p\{110\}$, $\pi\{120\}$, $o\{111\}$, $\omega\{121\}$ und sind meist tafelförmig nach $b\{010\}$.

Fig. 773.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:b = (110):(010) =$ | — | *58° 20′ |
| $\pi:b = (120):(010) =$ | 39° 1′ | 38 40 |
| $o:b = (111):(010) =$ | — | *68 48 |
| $\omega:b = (121):(010) =$ | 52 12 | 52 27 |
| $o:p = (111):(110) =$ | 46 29 | 46 39 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 71 44 | 71 31 |

### Silberdichromat = $Cr_2O_7Ag_2$.

Spec. Gew. 4,66—4,68 Schröder (Dichtigkeitsmess., Heidelberg 1873).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}5320:1:1{,}0546 \text{ Schabus}^{24)}.$$

Die Verbindung wurde zuerst untersucht von Teschemacher[23]), welcher nur die drei Pinakoide $a\{100\}$, $b\{010\}$ und $c\{001\}$ beobachtete. Gut meßbare Krystalle eines Präparates von Schrötter zeigten nach Schabus[24]) dieselben Formen und außerdem oft noch $\mu\{1\bar{1}0\}$, $o\{111\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, seltener $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $p\{11\bar{1}\}$, $k\{0\bar{1}1\}$; sie waren meist tafelförmig nach $a\{100\}$ und nach der $c$-Axe verlängert. Authenrieth[25]) beschrieb neuerdings Methoden zur Reindarstellung des Salzes und erhielt kleine Täfelchen mit den Flächen $a\{100\}$, $b\{010\}$ und $c\{001\}$, an welchen Barker (unveröff. Beob. i. Lab. d. Verf.s) dieselben Winkel fand wie Schabus. Unzweifelhaft identisch mit diesen Krystallen sind die Täfelchen, welche nach den bekanntеu Schriften über die

22) Hiortdahl, Zeitschr. f. Krystall. 1882, 6, 468.
23) Teschemacher, Philos. Magaz. 1827, 345. Schweiggers Journ. 50, 254.
24) Schabus, Best. d. Krystallgest. i. chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 185.
25) Autenrieth, Ber. d. d. chem. Ges. 1902, 35, 2059.

mikrochemische Analyse (Haushofer, Behrens, Bourgeois) bei der Prüfung auf Silber durch Fällen in saurer Silbernitratlösung mit Kaliumdichromat entstehen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Schabus: | Teschemacher: |
|---|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | $*70^\circ 34\frac{1}{2}'$ | $69^\circ 55'$ |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | $65^\circ 36\frac{1}{2}'$ | 65 0 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *57 11 | 57 0 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | $*78\ 20\frac{1}{2}$ | 78 55 |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | $*38\ 16\frac{1}{2}$ | — |
| $o:b = (111):(010) =$ | — | $*46\ 21\frac{1}{2}$ | — |
| $\omega:a = (1\bar{1}1):(100) =$ | 51 55 | 51 53 | — |
| $\omega:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 70 55 | 71 4 | — |
| $p:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 68 5 | 68 14 | — |
| $\pi:a = (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | 96 29 | 96 25 | — |

Die dünnen, rot durchsichtigen Blättchen nach $a\{100\}$ zeigen eine Auslöschungsschiefe von 30° und ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes (Barker).

**Natriumdichromat-Dihydrat = $Cr_2O_7Na_2.2H_2O$.**

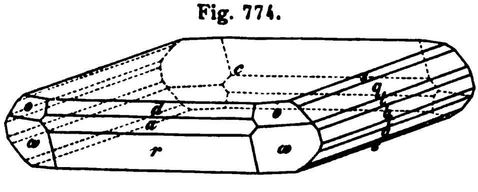
Spec. Gew. 2,525 Stanley[26].

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}5698:1:1{,}1824;\quad \beta = 94^\circ 55'$ Wyrouboff[27].

Ein Salz dieser Zusammensetzung wurde von Siewert[28] dargestellt in Prismen von 82° 15′ mit drei Endflächen, welche mit einer der Prismenflächen eine Zone und die Winkel 55° 24′, 82° 36′ und 113° 18′ bilden; diese Werte sind mit den Resultaten der folgenden Untersuchungen nicht zu vereinbaren. Die erste derselben stammt von Münzing[29], welcher an den von Rammelsberg erhaltenen Krystallen die Combination Fig. 774 beobachtete: $c\{001\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $d\{101\}$, $b\{010\}$, $t\{021\}$, $q\{011\}$, $s\{012\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$; die letzten beiden Formen fehlten an den größeren Krystallen.

Fig. 774.



Wegen der Zerfließlichkeit des Salzes sind die Messungen weniger genau, als die später von Wyrouboff in trockener Winterluft ausgeführten; nach Diesem krystallisiert die Verbindung sehr leicht und bei allen Temperaturen, auch ohne Säureüberschuß; Wyrouboff beobachtete die gleichen Formen, ferner untergeordnet noch: $u\{013\}$, $m\{110\}$ und $z\{380\}$, und außer dem Habitus der Fig. 774 auch einen rectangulär prismatischen durch gleichmäßiges Vorherrschen von $c\{001\}$ und $b\{010\}$; er gab den Krystallen eine andere Aufstellung, bei welcher die Symbole jedoch weniger einfach sind (die von ihm für $\omega$ und $o$ angegebenen Indices sind unrichtig).

26) Stanley, Chem. News **54**, 195.
27) Wyrouboff (mit opt. Bestimm. von Dufet), Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 77. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 205.
28) Siewert, Zeitschr. f. d. ges. Naturwiss. Halle 1862, **19**, 11.
29) Münzing, Zeitschr. f. Krystallogr. 1888, **14**, 64.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Beobachtet: Münzing: |
|---|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001)$ | — | *85° 5′ | 85° 11′ |
| $u : b = (013) : (010)$ | 68° 34′ | 68 42 | — |
| $s : b = (012) : (010)$ | — | *59 30 | 59 58 |
| $q : b = (011) : (010)$ | 40 20 | 40 26 | 40 32 |
| $t : b = (021) : (010)$ | 23 0 | 22 55 | 22 48 |
| $d : c = (101) : (001)$ | 60 19 | 60 17 | 59 58 |
| $r' : c = (\bar{1}01) : (001)$ | — | *68 18 | 67 12 |
| $m : b = (110) : (010)$ | 60 24 | 60 26 | — |
| $z : b = (380) : (010)$ | 33 26 | 33 32 | — |
| $o : d = (111) : (101)$ | 26 22 | 27 0 ca. | — |
| $o : a = (111) : (100)$ | 35 34 | — | — |
| $\omega : r = (11\bar{1}) : (10\bar{1})$ | 27 55 | 27 50 | 27 45 |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (100)$ | 37 49 | — | — |
| $o : c = (111) : (001)$ | 63 40 | — | 63 34 |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001)$ | 70 56 | — | 70 59 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, 1. Mittellinie (fast ohne Dispersion) bildet mit der $c$-Axe 13° im stumpfen Winkel $\beta$; Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1,6610$, $\beta = 1,6994$, $\gamma = 1,7510$; $2V = 83°54'$ ber., 83° 42′ beob.; Axenwinkel in Bromnaphtalin für $D$: 86° 14′, für Violett 88° 34′ (diese Angaben stammen von Dufet; die davon völlig abweichenden von Münzing sind unzweifelhaft irrtümlich).

### Strontiumdichromat-Trihydrat = $Cr_2O_7Sr . 3H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,6023 : 1 : 0,5460; \quad \beta = 92°32'$ Wyrouboff[27]).

Wyrouboff (l. c. 80) erhielt große luftbeständige Krystalle bei jeder Temperatur durch Verdunsten einer Lösung, welche durch Sättigung einer Chromsäurelösung mit $CO_3Sr$ und Zufügung der gleichen Menge gelöster $CrO_3$ dargestellt worden war; dicke rectanguläre Tafeln nach $a\{100\}$, begrenzt von $s\{102\}$, $b\{010\}$, untergeordnet $x\{121\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $n\{120\}$, selten $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : a = (110) : (100)$ | 31° 5′ | 31° 0′ |
| $n : a = (120) : (100)$ | — | *50 16 |
| $s : a = (102) : (100)$ | 63 32 | 63 35 |
| $\omega' : s = (\bar{1}11) : (102)$ | 69 4 | 69 0 |
| $\omega : b = (11\bar{1}) : (010)$ | 67 33 | 67 40 |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (100)$ | 52 51 | — |
| $x : x = (121) : (1\bar{2}1)$ | — | *76 40 |
| $x : a = (121) : (100)$ | — | *67 16 |
| $x : n = (121) : (120)$ | 34 38 | 34 48 |
| $x : s = (121) : (102)$ | 41 26 | 41 17 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie, wenig dispergiert, bildet mit der $c$-Axe 78° 8′ im stumpfen Winkel $\beta$; Brechungsindices für $D$: $\alpha = 1,7146$, $\beta = 1,7174$, $\gamma = 1,812$ ber., $2V = 20°28'$; $2E = 37°27'$ ber. 37° 26′ beob.; Dispersion $\varrho < v$ (Dufet).

### Kaliumdichromat-Mercurichlorid = $Cr_2O_7K_2 . HgCl_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,7161:1:0,8741$ Hahn[30]),
$0,6535:1:0,8832$ Rammelsberg[31]).

Nach Hahn bildet das Salz Prismen $m\{110\}$ mit $o\{111\}$ als Endflächen. Rammelsberg, welcher Hahns Bestimmung nicht kannte, beschreibt die Krystalle ebenso, gibt aber als untergeordnete Formen noch an: $b\{010\}$, $q\{011\}$ und $k\{012\}$ und findet sehr abweichende Winkelwerte.

| | Hahn: Berechnet: | Hahn: Beobachtet: | Rammelsberg: Berechnet: | Rammelsberg: Beobachtet: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 71° 13′ | 70° 39′ | — | *66° 20′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *57 58 | 55° 16′ | 55 50 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 85 10 | — | — | *90 25 |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *33 40 | 32 2 | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | — | 82 54 | — |
| $k:k = (012):(0\bar{1}2) =$ | — | — | 47 40 | — |
| $k:q = (012):(011) =$ | — | — | 17 37 | 17 0 ca. |

### Ammoniumdichromat-Mercurichlorid = $Cr_2O_7(NH_4)_2 . HgCl_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,2705:1:0,9829$; $\beta = 95°57'$ Zepharovich[32]).

Von dem früher als wasserhaltig betrachteten Salze untersuchte Zepharovich Krystalle, welche K. v. Hauer dargestellt hatte, Prismen nach der $b$-Axe, gebildet von $c\{001\}$, $r\{101\}$, zuweilen mit $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $a\{100\}$, an den Enden in wechselnder Größe die Formen: $q\{011\}$, $k\{021\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$. Die obige Zusammensetzung wurde von Wyrouboff[4]), welcher die optische Untersuchung der Krystalle ausführte, nachgewiesen und von Rammelsberg[31]) bestätigt; Letzterer gibt (l. c. 590) eine Anzahl eigener Messungen an.

| | Berechnet: | Beobachtet: V. v. Zepharovich: | Beobachtet: Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *35° 27′ | 35° 50′ |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *48 36 | 48 20 |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *51 39 | 51 25 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 86° 19′ | 86 23 ca. | 68 45 |
| $n:n' = (120):(\bar{1}20) =$ | 43 7 | 43 31 » | — |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 55 56½ | 56 2 » | 55 50 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 65 46 | 65 21 » | — |
| $r:n = (101):(120) =$ | 75 56 | 75 55 | — |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 69 40 | — | — |
| $\varrho:n = (10\bar{1}):(120) =$ | 78 7½ | — | — |
| $k:c = (021):(001) =$ | 62 54½ | 62 48 | 62 50 |
| $k:a = (021):(100) =$ | 87 17½ | — | — |
| $k:n' = (021):(\bar{1}20) =$ | 35 50½ | 36 1 ca. | — |
| $k:r = (021):(101) =$ | 68 13½ | 68 9 | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | 44 22 | 44 4 ca. | 44 12 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 85 45 | — | — |

30) Hahn, Archiv der Pharmacie 1859, (2) 99, 146.
31) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr.-physik. Chemie, Leipzig 1881, 1, 595.
32) V. v. Zepharovich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1860, 39, 17.

| | Berechnet: | Beobachtet: V. v. Zepharovich: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $q : m' = (011) : (\bar{1}10)$ | $= 59^\circ 51'$ | $*60^\circ 23'$ ca. | — |
| $q : r = (011) : (101)$ | $= 54\ 23$ | 54 17 | $54^\circ 40'$ |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001)$ | $= 53\ 37\frac{1}{2}$ | 53 27 ca. | — |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (001)$ | $= 64\ 18$ | — | — |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$ | $= 78\ 31$ | — | — |
| $\xi' : c = (\bar{2}21) : (001)$ | $= 71\ 21$ | 70 56 ca. | — |
| $\xi : a = (22\bar{1}) : (100)$ | $= 56\ 39\frac{1}{2}$ | — | — |
| $\xi : \xi = (22\bar{1}) : (2\bar{2}\bar{1})$ | $= 96\ 14\frac{1}{2}$ | — | — |
| $\xi : n = (22\bar{1}) : (120)$ | $= 26\ 33\frac{1}{2}$ | 26 27 ca. | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $r\{101\}$.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet $29\frac{1}{4}^\circ$ mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; $2V = 88^\circ 10'$ ca. (Wyrouboff).

### Kaliumdichromat-Mercuricyanid-Dihydrat = $Cr_2O_7K_2 . Hg(CN)_2 . 2H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}7943 : 1 : 1{,}4947$ Wyrouboff[4]).

Das Salz bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 146) in kleiner Menge aus einer gemischten Lösung der beiden Componenten bei deren langsamer Abkühlung. Combination: $c\{001\}$, $q\{011\}$, $m\{110\}$, $s\{102\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$; kurzprismatisch nach der $a$-Axe.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ | = — | $*76^\circ 55'$ |
| $q : c = (011) : (001)$ | = — | *56 13 |
| $s : c = (102) : (001)$ | $= 43^\circ\ 8'$ | 43 15 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2V = 57^\circ 18'$, $2E = 99^\circ 22'$, $\beta = 1{,}591$ rot; $2E = 62^\circ 6'$ grün, also sehr starke Dispersion.

### Kaliumtrichromat = $Cr_3O_{10}K_2$.

Spec. Gew. 2,655 Playfair und Joule[33]), 2,68—2,70 Schröder[34]), 3,613 (?) Bothe[35]).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}8437 : 1 : 0{,}8318$; $\beta = 101^\circ 0'$ Naumann[35]).

Zuerst dargestellt von Mitscherlich[36]); ein Präparat von Bothe[35]) wurde von Naumann untersucht. Nach $b\{010\}$ dicktafelige Prismen $m\{110\}$, $n\{210\}$, am Ende vorherrschend $q\{011\}$ und $k\{012\}$, untergeordnet $\xi\{21\bar{2}\}$. Nur angenähert meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ | $= 79^\circ 16'$ | $79^\circ 40'$ ca. |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0)$ | = — | *45 0 » |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1)$ | = — | *78 30 » |
| $k : k = (012) : (0\bar{1}2)$ | = 44 26 | — |
| $k : n = (012) : (210)$ | = — | *79 0 » |
| $\xi : \xi = (21\bar{2}) : (2\bar{1}\bar{2})$ | = 35 50 | — |

33) Playfair u. Joule, Mem. Chem. Soc. London **2**, 401.

34) Schröder, Annalen der Chemie **174**, 249.

35) Bothe (Mess. v. Naumann), Journ. f. prakt. Chemie 1849, **46**, 184.

36) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1836, **39**, 198.

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$, 29° zur $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$ geneigt; Axenwinkel in Öl durch $b\{010\} = 106°40'$ rot (Wyrouboff[4]) l. c. 138).

## Cäsiumtrichromat = $Cr_3O_{10}Cs_2$.

Trigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 80°15'$ ($a : c = 1 : 1,5549$ Fraprie[16]).

Fraprie (l. c. 118) erhielt dieses Salz durch Einengen der Mutterlauge des Dichromates in schönen dunkelroten Rhomboëdern $r\{100\}$, combiniert mit $e\{110\}$, $c\{111\}$ und $b\{10\bar{1}\}$ (in der beigegebenen Figur ist irrtümlicherweise dafür $\{\bar{2}11\}$ eingezeichnet).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : c = (100) : (111) =$ | 60°53′ | 60°58′ |
| $r : e = (100) : (110) =$ | — | *49 10 |
| $e : c = (110) : (111) =$ | 41 55 | 42 5 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Ammoniumtrichromat = $Cr_3O_{10}(NH_4)_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,8446 : 1 : 0,8344$ Wyrouboff[4]).

Das Salz wurde zuerst beschrieben von Siewert[28]) als prismatische Combination von $m\{110\}$, $a\{100\}$, schmal $n\{120\}$ und $b\{010\}$, am Ende $x\{122\}$, untergeordnet $o\{111\}$ und $y\{655\}$, außerdem mit einer großen Fläche $k\{021\}$. Wyrouboff (l. c. 139) beobachtete tafelförmige Krystalle nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $m\{110\}$, $n\{120\}$, $o\{111\}$, $x\{122\}$ und $s\{102\}$, nicht selten auch nur von $m$ und einer Zone von $o$ begrenzt.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Siewert: |
|---|---|---|---|
| $m : a = (110) : (100) =$ | — | *40°11′ | 39°36′ |
| $n : n' = (120) : (\bar{1}20) =$ | 61°16′ | 61 38 | 64 12 (ca.?) |
| $o : a = (111) : (100) =$ | — | *52 49 | 49 50 (ca.?) |
| $x : a = (122) : (100) =$ | 69 14 | 69 3 | 69 33 |
| $y : a = (655) : (100) =$ | 47 41 | — | 46 40 |
| $s : a = (102) : (100) =$ | 63 43 | 63 33 | — |
| $k : b = (021) : (010) =$ | 30 56 | — | 30 0 ca. |
| $k : m = (021) : (110) =$ | 56 24 | — | 56 20 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $a$; $2E = 44°30'$, $\varrho < v$.

### Isomorphe Mischung: $Cr_3O_{10}(NH_4, K)_2$.

(58,5—69,7% $Cr_3O_{10}(NH_4)_2$.)

Hexagonal. $a : c = 1 : 1,0844$ Wyrouboff[6]).

Aus der Lösung der beiden Salze in verdünnter Salpetersäure erhielt Wyrouboff große Bipyramiden $o\{10\bar{1}1\}$ mit den untergeordneten Formen: $m\{10\bar{1}0\}$, $x\{20\bar{2}1\}$, $s\{11\bar{2}1\}$ und $n\{11\bar{2}0\}$; manchmal sind die Krystalle durch Vorwalten von $m$ prismatisch, selten tafelförmig nach $c\{0001\}$ mit den Randflächen $o$ und $m$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o_{,} = (10\bar{1}1):(10\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *77° 13′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 46° 0′ | 45 45 |
| $x:x_{,} = (20\bar{2}1):(20\bar{2}\bar{1}) =$ | 43 34 | 43 5 |
| $s:n = (11\bar{2}1):(11\bar{2}0) =$ | 24 46 | 24 46 |
| $s:o = (11\bar{2}1):(10\bar{1}1) =$ | 28 50 | 28 52 |

Doppelbrechung positiv, sehr stark.

## Kaliumtetrachromat = $Cr_4O_{13}K_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}797:1:1{,}110;\quad \beta = 91°42'$ Wyrouboff[6]).

Wyrouboff (l. c. 23) erhielt das Salz aus einer Lösung von Dichromat in Salpetersäure vom spec. Gew. 1,41 in sehr dünnen Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen $m\{110\}$, $o\{111\}$, $x\{223\}$, $k\{054\}$; ein Teil der Flächen ist immer gerundet, so daß nur angenäherte Messungen zu erhalten waren.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *77° 6′ |
| $k:c = (054):(001) =$ | 48° 5′ | 48°50 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *88 40 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *59 40 |
| $x:c = (223):(001) =$ | 50 38 | 51 0 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; ein Axenbild durch $c$ sichtbar.

## Dekaammoniumtetrachromat = $Cr_4O_{17}(NH_4)_{10}$ (?).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7458:1:0{,}4955;\quad \beta = 106°15'$ Schabus[24]).

Dieses Salz erhielt Pohl[37]) bei der Darstellung des normalen Salzes $CrO_4(NH_4)_2$ neben diesem in großen gelben Prismen, von denen er nur den Chromgehalt bestimmte, daher die Formel unsicher ist. Schabus (l. c. 110) beschrieb dieselben als prismatische Combinationen der folgenden Formen: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, selten $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 12′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *76 51 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 33° 52′ | 33 50 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *44 21 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 73 45 | 73 52 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 38 4½ | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 24 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

---

37) Pohl, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1851, 6, 593. Journ. f. prakt. Chemie 1851, 56, 63.

## Polymolybdate und Polywolframate.

Außer denjenigen molybdänsauren Salzen, welche wegen ihrer unzweifelhaften Analogie bzw. Isomorphie mit normalen Sulfaten im Zusammenhange mit diesen behandelt worden sind, gibt es noch eine Reihe anderer, meist sehr compliciert zusammengesetzter, welche wahrscheinlich den Polychromaten analoge Salze von Polymolybdänsäuren sind, von deren Mehrzahl jedoch die Constitution noch nicht aufgeklärt ist. Die einfachste Zusammensetzung hat unter diesen das monoklin krystallisierende **Ammoniumdimolybdat-Monohydrat** $= Mo_2O_7(NH_4)_2 . H_2O$. Dieselbe Formel wurde früher auch dem, ebenfalls monoklin, aber in ganz anderen Formen krystallisierenden, gewöhnlichen Ammoniummolybdat zugeschrieben, das aber nach Klason[1]) eine andere Zusammensetzung hat, welche dann auch dem damit isomorphen Kaliumsalze zugeschrieben werden muß; diese beiden Körper sind darnach zu bezeichnen als **Trikaliumtrimolybdat-Dikaliumtrimolybdat** $= (MoO_4)_3K_3H_3 . (MoO_4)_3K_2H_4$ und **Triammoniumtrimolybdat-Diammoniumtrimolybdat** $= (MoO_4)_3(NH_4)_3H_3 . (MoO_4)_3(NH_4)_2H_4$. Derselbe Chemiker hat ferner festgestellt, daß ein drittes, früher unter anderer Formel beschriebenes Ammoniumsalz als **Triammoniumtrimolybdat-Tetrahydrat** $= (MoO_4)_3(NH_4)_3H_3 . 4H_2O$ zu betrachten ist; auch dieses krystallisiert monoklin. Es wäre sehr erwünscht, die Kenntnis dieser Gruppe von Salzen zu erweitern durch Untersuchung derjenigen des Kaliums, besonders aber des Rubidiums und Cäsiums; Krystallisationen in höherer Temperatur könnten hier vielleicht wasserfreie Salze liefern, welche mit den Polychromaten der Alkalimetalle (s. den vor. Abschnitt) vergleichbar wären. Noch säurereicher sind die folgenden, sämtlich monoklin krystallisierenden Natriumsalze: **Hexanatriumheptamolybdat-Oktokaidekahydrat** $= (MoO_4)_7Na_6H_8 . 18H_2O$, von welchem nur eine ältere, nicht durch Controlwinkel gesicherte Messung vorliegt; ferner zwei von Ullik[2]) dargestellte und von Zepharovich[3]) untersuchte Körper, welche nur eine unvollständige Bestimmung gestatteten: **Dinatriumoktomolybdat-Dekahydrat** $= (MoO_4)_8Na_2H_{14} . 10H_2O$, Prismen $\{110\}$ mit $\{001\}$, $(110):(\bar{1}10) = 53°57\frac{1}{2}'$, $(110):(001) = 87°16\frac{1}{2}'$, woraus $a:b = 1{,}975:1$, $\beta = 96°1'$; **Dinatriumdekamolybdat-Dodekahydrat** $= (MoO_4)_{10}Na_2H_{18} . 12H_2O$, die gleiche Combination mit $(110):(\bar{1}10) = 57°28'$, $(110):(001) = 86°23'$, $a:b = 1{,}840:1$ und $\beta = 93°32\frac{1}{2}'$. Von demselben Chemiker dargestellt wurde **Magnesiumoktomolybdat-Triskaidekahydrat** $= (MoO_4)_8MgH_{14} . 13H_2O$, welches nach Zepharovich (l. c.) trikline(?) Prismen $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$ mit der Endigung $o\{111\}$ bildet; $(110):(\bar{1}10) = 55°3'$, $(111):(110) = 38°16'$, $(111):(\bar{1}10) = 77°38'$. Das Doppelsalz **Pentakaliummanganitetradimolybdat-Hexahydrat** $= (Mo_2O_7)_4MnK_5 . 6H_2O$ bildet nach

1) Klason, Ber. d. d. chem. Ges. 1901, **34**, 153.

2) Ullik, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, **55** (II), 767 und Ann. d. Chemie **144**, 204 und 320.

3) V. v. Zepharovich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1868, **58** (II), 111.

Struve[4]) luftbeständige, orangerote, glänzende Rhomboëder mit (100) : (010) = 72° 15'; die entsprechende Ammoniumverbindung ist damit isomorph. Endlich hat Baerwald[5]) durch Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd auf das S. 598 erwähnte gewöhnliche molybdänsaure Ammonium bzw. das entsprechende Kaliumsalz zwei verschieden zusammengesetzte Hydroxylverbindungen erhalten; von diesen hat die **Kaliummolybdat-Hydroxylverbindung** die Zusammensetzung: $4(MoO_4)_4K_3H_5.4H_2O_2.3H_2O$ und bildet tafelförmige monokline Combinationen von {001}, {110}, {010} und nicht meßbar $(hkl)$; (110) : (1̄10) = 55° 44'; (110) : (001) = 64° 54'; Ebene der optischen Axen {010}, durch {001} ein Axenbild sichtbar; die **Ammoniummolybdat-Hydroxylverbindung** entspricht der Formel $2(MoO_4)_9(NH_4)_7H_{11}.3H_2O_2.7H_2O$ und krystallisiert in genauer bestimmbaren monoklinen Formen.

Weit größer ist die Zahl der polywolframsauren Salze, und hier handelt es sich z. Teil um solche von Säuren, deren Basicität festgestellt ist. Trotz der nahen Verwandtschaft von Molybdän und Wolfram ist aber, wenigstens unter den krystallographisch untersuchten Salzen, kein Fall analoger Zusammensetzung und dementsprechender Isomorphie vorhanden. Zunächst fehlen die den Di- und Trimolybdaten analogen Verbindungen gänzlich, während die bei den molybdänsauren Salzen nicht vertretenen Tetraverbindungen bekannt sind; es sind dies die Salze der zweibasischen Metawolframsäure, von welchen eine große Reihe, besonders eingehend von Wyrouboff[6]), untersucht worden ist. Die ersten der folgenden Salze einwertiger Metalle stellen durch die Verschiedenheit ihres Wassergehaltes isolierte Körper dar, nämlich: **Kaliummetawolframat-Pentahydrat** = $W_4O_{13}K_2.5H_2O$ und **Ammoniummetawolframat-Hexahydrat** = $W_4O_{13}(NH_4)_2.6H_2O$, beide monoklin. Die Verbindungen mit 8 Mol. $H_2O$ haben deshalb ein besonderes Interesse, weil auch das entsprechende Hydrat der Säure, $W_4O_{13}H_2.8H_2O$ (s. **1**, 117) bekannt ist und in ganz ähnlichen, leider nicht näher untersuchten Formen krystallisiert; die betreffenden Salze, **Kalium-**, **Rubidium-** und **Ammoniummetawolframat-Oktohydrat** = $W_4O_{13}K_2.8H_2O$ bzw. $W_4O_{13}Rb_2.8H_2O$ und $W_4O_{13}(NH_4)_2.8H_2O$, krystallisieren tetragonal in ausgezeichnet pseudooktaëdrischer Form; das Gleiche wird merkwürdigerweise auch angegeben für das **Natriummetawolframat-Dekahydrat** = $W_4O_{13}Na_2.10H_2O$, dessen oktaëderähnliche Krystalle von dem einen Beobachter als tetragonal und normal optisch einaxig, von dem Andern als anfangs einfachbrechend, dann anomale Doppelbrechung annehmend, beschrieben werden. Eine dem Kubooktaëder ähnliche Krystallform wurde auch beobachtet und gleichfalls als tetragonal beschrieben für das **Strontium-**

4) Struve, Journ. f. prakt. Chemie 1854, **61**, 460.

5) Baerwald, Beitr. z. Kenntn. d. Molybdäns. Dissert. Univ. Berlin 1885. Ausz. Chem. Centralbl. 1885, 424. Kurze vorläufige Mitteilung: Ber. d. d. chem. Ges. 1884, **17**, 1206.

6) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1892, **15**, 63. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **23**, 484.

**metawolframat-Oktohydrat** $= W_4O_{13}Sr.8H_2O$; die genauere Untersuchung Wyrouboffs lehrte aber, daß dieses Salz monoklin krystallisiert. Ebenfalls monoklin, aber davon verschieden sind die Krystallformen folgender drei isomorpher Salze: **Magnesium-, Nickel- und Zinkmetawolframat-Oktohydrat** $= W_4O_{13}Mg.8H_2O$, $W_4O_{13}Ni.8H_2O$ und $W_4O_{13}Zn.8H_2O$. Während im allgemeinen die entsprechenden Verbindungen der Metalle *Ca, Sr, Ba* einerseits, *Mg, Mn, Fe, Ni, Co* usw. andererseits nicht isomorph sind, stimmen von den beiden Salzen **Baryummetawolframat-9½-Hydrat**$=$ $W_4O_{13}Ba.9\frac{1}{2}H_2O$ und **Kobaltmetawolframat-9½-Hydrat**$= W_4O_{13}Co.9\frac{1}{2}H_2O$ nicht nur die Krystallformen überein, sondern Wyrouboff (l. c. 81) erhielt auch Mischkrystalle beider, welche bis 12,7 % des Kobaltsalzes enthielten und genau die Winkel, sowie die Zwillingsbildung und die schwache Doppelbrechung des Baryumsalzes, aber einen größeren Axenwinkel ($2E = 43°$) zeigten; außer der mehr oder weniger tief roten Farbe hatten sie auch die Luftbeständigkeit des Kobaltsalzes angenommen. Im Gegensatze zu diesem Falle tritt der Unterschied zwischen den beiden erwähnten Reihen zweiwertiger Metalle wieder hervor bei den Verbindungen mit 10 Mol. $H_2O$, indem **Calciummetawolframat-Dekahydrat** $= W_4O_{13}Ca.10H_2O$ triklin, wenn auch pseudotetragonal, krystallisiert, während **Manganometawolframat-Dekahydrat** $= W_4O_{13}Mn.10H_2O$ und **Cadmiummetawolframat-Dekahydrat** $= W_4O_{13}Cd.10H_2O$ die gleiche tetragonale, aber ausgezeichnet pseudooktaëdrische Form zeigen, wie $W_4O_{13}Na_2.10H_2O$ (S. 599), und nach Wyrouboff (l. c. 85) mit letzterem isomorph sind, da das Mangan- und das Natriumsalz Mischkrystalle derselben Form und mit gleichen optischen Eigenschaften, wie sie die einfachen Salze zeigen, bilden. Da auch die Verbindungen $W_4O_{13}K_2.8H_2O$, $W_4O_{13}Rb_2.8H_2O$ und $W_4O_{13}(NH_4)_2.8H_2O$ mit ihnen krystallographisch und optisch übereinstimmen, stellte Wyrouboff auch Mischungen von Natrium- und Ammoniummetawolframat dar und erhielt ebenso beschaffene Krystalle, deren Analyse jedoch nicht sicher entscheiden ließ, ob jede der Componenten darin mit dem ihr im reinen Zustande zukommenden Wassergehalte oder beide als Dekahydrate vorhanden waren. Von dreiwertigen Metallen endlich sind folgende metawolframsaure Salze bekannt: **Didymmetawolframat-Heptakaïkosihydrat** $= (W_4O_{13})_3Di_2.27H_2O$, rhombisch krystallisierend, und die isomorphen triklinen Salze **Lanthan-, Didym- und Cerometawolframat-Triakontahydrat**$=(W_4O_{13})_3La_2.30H_2O$, $(W_4O_{13})_3Di_2.30H_2O$ und $(W_4O_{13})_3Ce.30H_2O$; von diesen zeigt die Verbindung des Didyms die gleichen Formen, wie die des Lanthans, und zwar $q\{011\}$ und $\xi\{21\bar{1}\}$ immer ziemlich groß, konnte aber ihrer raschen Verwitterung wegen nicht gemessen werden.

Von wolframsauren Salzen, welche in ihrer Zusammensetzung zwischen den Meta- und den Parawolframaten stehen, ist nur eine kleine Zahl isoliert stehender Körper untersucht worden. **Ammoniumpentawolframat-Pentahydrat** $= W_5O_{17}(NH_4)_4.5H_2O$ krystallisiert triklin, **Natriumpentawolframat-Hendekahydrat** $= W_5O_{17}Na_4.11H_2O$ monoklin, ferner **Natriumhepta-**

**wolframat-Hekkaidekahydrat** $= W_7O_{24}Na_6.16H_2O$ und **Natriumhepta-wolframat-Henikosihydrat** $= W_7O_{24}Na_6.21H_2O$, beide triklin, aber natürlich verschieden. Das letzte Salz unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung nur durch 1 Mol. $H_2O$ von der S. 598 erwähnten Verbindung $(MoO_4)_7Na_6H_8.18H_2O$, besitzt aber keinerlei krystallographische Verwandtschaft mit der letzteren.

Parawolframsaure Salze sind nur von einwertigen Metallen untersucht worden; sie enthalten sämtlich Krystallwasser und zwar in sehr mannigfachen Verhältnissen, so daß wenig Gelegenheit zu krystallochemischen Vergleichen gegeben ist. Den niedrigsten Wassergehalt besitzt das monoklin krystallisierende **Ammoniumparawolframat-Pentahydrat** $= W_{12}O_{41}(NH_4)_{10}.5H_2O$. **Kalium- und Ammoniumparawolframat-Hendekahydrat** $= W_{12}O_{41}K_{10}.11H_2O$ und $W_{12}O_{41}(NH_4)_{10}.11H_2O$ krystallisieren triklin und unzweifelhaft isomorph, da Hallopeau[7]) Mischkrystalle (rhomboidale Lamellen mit 27° Auslöschungsschiefe) erhielt, welche ungefähr gleiche Mengen beider Salze enthielten; von der Ammoniumverbindung bildet sich aber gewöhnlich, oft neben der ersten, eine pseudorhombische (monokline oder trikline?) Modification, welche vom Kaliumsalze nicht bekannt ist. Nach dem Wassergehalte folgt das Doppelsalz **Natrium-ammoniumparawolframat-Dodekahydrat** $= (W_{12}O_{41})_2(NH_4)_{15}Na_5.24H_2O$, dessen sehr unvollkommene Krystalle wahrscheinlich triklin sind. Hallopeau (l. c. 181) beschreibt ferner ein zweites Doppelsalz derselben Basen von der Formel: $W_{12}O_{41}(NH_4)_8Na_2.14H_2O$ als rhomboidale Prismen mit 27° Auslöschungsschiefe. Gemessen und als rhombisch bestimmt wurde ein drittes **Natriumammoniumparawolframat-Pentakaidekahydrat** $= W_{12}O_{41}(NH_4)_6Na_4.15H_2O$, und als triklin ein **Natriumkaliumparawolframat-Pentakaidekahydrat** $= W_{12}O_{41}K_8Na_2.15H_2O$. **Natriumparawolframat-Henikosihydrat** $= W_{12}O_{41}Na_{10}.21H_2O$ krystallisiert triklin. Als nicht sicher monoklin, vielleicht ebenfalls triklin, wurde beschrieben das **Natrium-parawolframat-Pentakaiïkosihydrat** $= W_{12}O_{41}Na_{10}.25H_2O$; ebenso viele Wassermoleküle im Verhältnis zur Säure enthält das **Natriumkaliumpara-wolframat-Pentakaiïkosihydrat** $= (W_{12}O_{41})_{11}K_{30}Na_{80}.275H_2O$, dessen Krystallform sicher triklin ist und keine Ähnlichkeit mit derjenigen des vorhergehenden Salzes zu zeigen scheint; da bei der hohen Molekulargröße dieser Salze eine Isomorphie der Natrium- und Kaliumverbindung nicht ausgeschlossen ist, könnte jedoch auch eine isomorphe Mischung vorliegen und beide Formen auf einander zurückführbar sein, was nur durch eine genauere, auch auf die optischen Eigenschaften ausgedehnte Untersuchung festzustellen wäre. Den höchsten Wassergehalt besitzt endlich das **Natriumparawolframat-Oktokaiïkosihydrat** $= W_{12}O_{41}Na_{10}.28H_2O$, welches ebenfalls triklin krystallisiert.

---

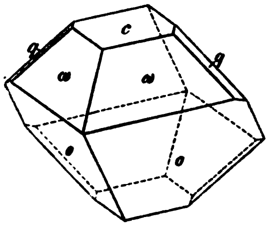
7) Hallopeau, Compt. rend. 1896, **123**, 180.

### Ammoniumdimolybdat-Monohydrat = $Mo_2O_7(NH_4)_2 . H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,9663:1:0,9450$;
$\beta = 107^\circ 12'$ Scacchi[8]).

Fig. 775.




Dargestellt von Mauro[9]); die durch Verdunsten einer ammoniakalischen Lösung von $Mo_3 . 2NH_4F$ erhaltenen farblosen, an der Luft allmählich trübe werdenden Krystalle zeigen nach Scacchi die Combination (Fig. 775): $o\{11\bar{1}\}$, $\omega\{111\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$ (zuweilen fehlend und immer untergeordnet) und sind meist nach einem Flächenpaare von $o\{111\}$ tafelförmig; selten und klein treten noch auf: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $r\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega : c = (111):(001)$ = | — | *45° 13′ |
| $o' : c = (\bar{1}11):(001)$ = | — | *61 19 |
| $\omega : o' = (111):(\bar{1}11)$ = | — | *71 32 |
| $a : c = (100):(001)$ = | 72° 48′ | 72 32 |
| $q : c = (011):(001)$ = | 42 4 | 42 4 |
| $r' : c = (\bar{1}01):(001)$ = | 52 44 | 52 46 |
| $\omega : a = (111):(100)$ = | 45 54 | 45 56 |
| $\omega : \omega = (111):(1\bar{1}1)$ = | 59 6 | 59 12 |
| $\omega : q = (111):(011)$ = | 31 25 | 31 13 |
| $\omega : r = (111):(10\bar{1})$ = | 91 10 | 91 13 |
| $o : a = (11\bar{1}):(100)$ = | 62 34 | 62 51 |
| $o : o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ = | 75 7 | 75 16 |
| $o : q = (11\bar{1}):(011)$ = | 87 1 | 87 5 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

### Trikaliumtrimolybdat-Dikaliumtrimolybdat = $(MoO_4)_3K_2H_2 . (MoO_4)_3K_2H_4$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,621:1:0,291$; $\beta = 90^\circ 25'$ Marignac[10]).

Das Salz wurde zuerst erhalten von Svanberg und Struve aus einer Lösung von Molybdänsäure in $CO_3K_2$, die so lange mit conc. $NO_3H$ oder $HCl$ versetzt wurde, bis der entstehende Niederschlag sich nicht mehr klar löste.

Nach Delafontaine ist die Zusammensetzung $7MoO_3 . 3K_2O . 4H_2O$, doch ist hier wegen der Isomorphie mit dem entsprechenden Ammoniumsalze die von Klason[1]) für das letztere aufgestellte Formel angenommen. An dem Präparate von Delafontaine beobachtete Marignac die Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\sigma\{22\bar{1}\}$; die nach $m$ prismatischen Krystalle waren wegen der Streifung der Flächen nur annähernd meßbar.

---

8) E. Scacchi, Mem. Accad. Lincei Rom 1888, (4) 4, 478. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 18, 91.

9) Mauro, Gazz. chim. ital. 1888, 18, 120.

10) Delafontaine (krystall. Unters. v. Marignac), Bibl. Univ. Arch. d. sc. phys. nat. Genève 1865, 23, 5. Ausz. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1866, 127, 293. S. auch Marignac, Oeuvres 2, 226.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *58° 10′ |
| $o:b = (111):(010) =$ | — | *75 15 |
| $\sigma:b = (22\bar{1}):(010) =$ | 66° 52′ | 67 30 |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *60 50 |
| $o:\sigma = (111):(\bar{2}21) =$ | 63 20 | 64 34 |

## Triammoniumtrimolybdat-Diammoniumtrimolybdat = $(MoO_4)_3(NH\ )_3H_3.(MoO_4)_3(NH_4)_2H_4$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}6297:1:0{,}2936;\quad \beta = 91^\circ 12'$ G. vom Rath[11]).

Dieses, das gewöhnliche käufliche Ammoniummolybdat, welchem von Marignac die Formel: $2MoO_3.(NH_4)_2O.H_2O$, von Delafontaine und Ullik die Zusammensetzung $7MoO_3.3(NH_4)_2O.4H_2O$ zugeschrieben wurde, ist mehrfach gemessen worden, zuerst von Haidinger[12]), dann von Marignac[13]), Keferstein[14]) und G. vom Rath. Marignac beobachtete die Combination (Fig. 776): $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{310\}$, $\tau\{21\bar{1}\}$, $\sigma\{22\bar{1}\}$, $y\{121\}$, $x\{232\}$, $o\{111\}$, G. vom Rath die einfachere (Fig. 777): $n\{310\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $\sigma\{22\bar{1}\}$ (fehlt nicht selten), sehr selten $a\{100\}$ und $z\{131\}$. Die von dem Ersteren gemessenen Krystalle waren sehr stark gestreift und zeigten Vicinalflächen, besonders zu $a\{100\}$.

Fig. 776.

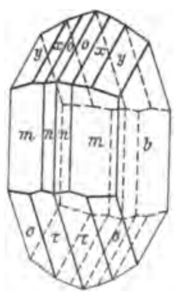
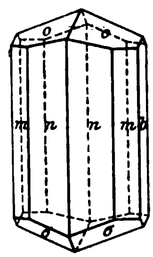


Fig. 777.



| | Berechnet: | Beobachtet: G. vom Rath: | Marignac: | Keferstein: | Haidinger: |
|---|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *64° 23′ | 64°—66° | — | — |
| $n:b = (310):(010) =$ | 78° 9′ | 77 56 | 81° | 79° 36′ | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *29 34 | 29° 36′ | 29 18 | — |
| $x:b = (232):(010) =$ | 68 24 | — | 68°—70° | — | — |
| $y:b = (121):(010) =$ | 62 11 | — | 62 —63 | — | — |
| $z:b = (131):(010) =$ | 51 38 | — | — | — | — |
| $\sigma:\sigma = (22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1}) =$ | 46 56 | 46 57 | 47° 30′ | 46 21 | 46° 42′ |
| $\tau:\tau = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | 24 30 | — | 24 ca. | — | — |
| $o:\sigma' = (111):(\bar{2}21) =$ | 64 37 | 64 23 | 64 1 | 63 43 | — |
| $o:'\sigma = (111):(\bar{2}\bar{2}1) =$ | 76 58 | 76 59 | 76 15 | — | — |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *60 22 | 60 50 | — | — |
| $o:n = (111):(310) =$ | 62 10 | — | — | — | — |
| $\sigma:m = (22\bar{1}):(110) =$ | 42 40 | 43 0 | 42 50 | — | — |
| $\sigma:n = (22\bar{1}):(310) =$ | 46 37 | 46 24 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

11) G. vom Rath, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1860, **110**, 101.
12) Haidinger, Edinburgh Journ. of Sc. 1824, **1**, 100.
13) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, **14**, 272. Oeuvres **1**, 412.
14) Keferstein, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, **99**, 277.

### Triammmoniumtrimolybdat-Tetrahydrat = $(MoO_4)_3(NH_4)_3H_3 \cdot 4H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,4977:1:0,7461$; $\beta = 106^\circ 35'$ Rammelsberg[15]).

Zuerst erhalten von Rammelsberg[15]) aus den Mutterlaugen des gewöhnlichen Ammoniummolybdats und unter der Formel $7MoO_3 \cdot 3(NH_4)_2O \cdot 12H_2O$ krystallographisch beschrieben. Nach Klason[1]) kommt ihm obige Formel zu. Rammelsberg beobachtete die Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{111\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\sigma\{10\bar{2}\}$. Durchsichtige, glänzende Kryställchen von zweierlei Ausbildung, entweder prismatisch verlängert nach der Verticalzone und dann an beiden Enden, jedoch nicht mit den vollständigen Formen, ausgebildet, oder verlängert nach der $b$-Axe, wobei das eine Ende aufgewachsen ist und nur eine $b$- und $q$-Fläche zeigt. Die Flächen geben zum Teil undeutliche Bilder.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 51° 0′ | 50° 15′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 71 8 | 71 12 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 38 54 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 49 38 | — |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 101 36 | 102 20 |
| $o:\omega = (111):(11\bar{1}) =$ | 65 49 | — |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *54 26 |
| $\sigma:a = (10\bar{2}):(100) =$ | — | *64 10 |
| $\sigma':c = (\bar{1}02):(001) =$ | — | *42 25 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 33 50 | 34 23 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 48 21 | — |
| $o:m = (111):(110) =$ | 34 36 | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 42 45 | 42 48 |

### Hexanatriumheptamolybdat-Oktokaidekahydrat = $(MoO_4)_7Na_6H_8 \cdot 18H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,0923:1:2,0237$; $\beta = 103^\circ 25'$ Zenker[16]).

Dieses Salz wurde von Zenker aus einer salpetersäurehaltigen Lösung von $MoO_4Na_2 \cdot 2H_2O$ erhalten und ihm die Zusammensetzung $9MoO_3 \cdot 4Na_2O \cdot 28H_2O$ zugeschrieben; die obige Formel entspricht der von Delafontaine[10]) angegebenen Zusammensetzung. Die Krystalle sind kurze rectanguläre Prismen $b\{010\}$, $a\{100\}$ mit den Endflächen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, selten und untergeordnet $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$; meist Zwillinge nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *76° 35′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 103° 48′ | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *116 28 |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 47 8 | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | — | *71 30 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 60 42 | — |
| $o:\omega = (111):(11\bar{1}) =$ | 48 52 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 52 55 | — |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 39 3 | — |

15) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1866, 127, 298.

16) Zenker, Journ. f. prakt. Chemie 1853, 58, 486.

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung positiv, stark; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet in $\{010\}$ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$: 85° rot, 84½° gelb, 83° blau; $2V = 84°16'$ rot, $84°6'$ gelb, $83°24'$ blau; $\beta = 1{,}622$ rot, 1,627 gelb, 1,646 blau (Des Cloizeaux[17]).

**Ammoniummolybdat-Hydroxylverbindung:**
**$2(MoO_4)_9(NH_4)_7H_{11}\cdot 8H_2O_2\cdot 7H_2O$.**

Spec. Gew. 2,975 Bärwald[5]).

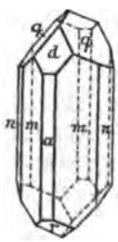
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}4727:1:1{,}0268;\quad \beta = 105°28'$$ Bärwald[5]).

Große prismatische Krystalle der Combination (Fig. 778): $m\{110\}$, $n\{120\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $d\{101\}$, $r\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m = (110):(100) =$ | — | *54°50′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *89 24 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *62 14 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 46°27½′ | 46 36 |
| $n:n' = (120):(\bar{1}20) =$ | 37 30 | 39 3 ca. |
| $q:n = (011):(120) =$ | 43 9 | 43 12 |
| $d:a = (101):(100) =$ | 45 0 | 44 40 |
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 65 55 | 66 2 |
| $d:m = (101):(110) =$ | 65 54½ | 65 55 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 76 18½ | 76 22 |
| $d:q = (101):(011) =$ | 56 46 | 56 48 |

Fig. 778.




Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, eine Mittellinie (1. oder 2.?) bildet mit der $c$-Axe 11¼° im stumpfen Winkel $\beta$, $2E = 44\frac{3}{4}°$ ca. ($Na$). Brechungsindices eines der $c$-Axe parallelen Prismas (sonstige Orientierung nicht angegeben): für $Li$: 1,7192 bzw. 1,7395, für $Na$: 1,7263 bzw. 1,7455, für $Tl$: 1,7345 bzw. 1,7538.

**Kaliummetawolframat-Pentahydrat = $W_4O_{13}K_2\cdot 5H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}5945:1:0{,}6609;\quad \beta = 123°0'$$ Marignac[18]).

Marignac erhielt dünne Prismen $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, meist ohne deutliche Endflächen, nur manchmal an einem Ende mit einer Fläche von $q\{011\}$, beim langsamen Abkühlen einer warmen, mit Alkohol versetzten wässerigen Lösung von Kaliummetawolframat-Oktohydrat.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *53°0′ |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *61 0 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 61°32′ | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *50 0 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 77 52 | 78 0 |

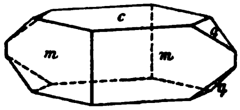
17) Des Cloizeaux, Nouv. Recherches 148 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, **18**, 658).

18) Ch. de Marignac, Ann. chim. phys. 1863, (3) **69**, 60. Oeuvres **2**, 118.

## Ammoniummetawolframat-Hexahydrat = $W_4O_{13}(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

Fig. 779.




$a:b:c = 0{,}8121:1:0{,}7963$; $\beta = 95^\circ 9'$ Marignac[19]).

Marignac erhielt das Salz in dünnen Tafeln mit vorherrschendem $c\{001\}$ und den weiteren Formen $m\{110\}$ und $q\{011\}$ (Fig. 779) aus einer warmen, mit Alkohol versetzten wässerigen Lösung von Ammoniummetawolframat-Oktohydrat beim langsamen Erkalten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *77° 56′ |
| $q : c = (011) : (001) =$ | — | *38 25 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *86 0 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 63° 18′ | 63 21 |
| $q : m' = (011) : (\bar{1}10) =$ | 70 22 | 70 40 |

## Kaliummetawolframat-Oktohydrat = $W_4O_{13}K_2 \cdot 8H_2O$.

Tetragonal.

Scheibler[20]) und später Marignac[18]) (l. c. 54 bzw. 117) beschrieben die Krystalle als schöne, oktaëderähnliche Bipyramiden $o\{111\}$, deren Winkel nach Marignac durch Messung nicht vom Oktaëder zu unterscheiden sind. Wyrouboff[6]) (l. c. 68) gibt an, daß die Krystalle einaxig und ziemlich stark positiv doppeltbrechend seien, ihrer raschen Verwitterung wegen aber nicht gemessen werden könnten.

## Rubidiummetawolframat-Oktohydrat = $W_4O_{13}Rb_2 \cdot 8H_2O$.

Tetragonal. $a : c = 1 : 0{,}9702$ Wyrouboff[6]).

Wyrouboff (l. c. 69) hat das rasch verwitternde Salz durch doppelte Umsetzung von Rubidiumsulfat und Baryummetawolframat dargestellt und Krystalle mit $o\{111\}$ durch langsames Erkalten einer heißgesättigten Lösung erhalten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : o_, = (111) : (11\bar{1}) =$ | — | *69° 42′ |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 72° 10′ | 71 50 |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark.

## Ammoniummetawolframat-Oktohydrat = $W_4O_{13}(NH_4)_2 \cdot 8H_2O$.

Tetragonal. $a : c = 1 : 0{,}9747$ Wyrouboff[6]).

Das Salz wurde wiederholt als in oktaëderähnlichen Bipyramiden krystallisierend beschrieben, so von Lotz[21]), Marignac[18]) (l. c. 59 bzw. 117), Riche[22]), Scheibler[23]); Lotz fand außer $o\{111\}$ noch $a\{100\}$ und $c\{001\}$. Wyrouboff (l. c. 67) hat große Krystalle mit $o\{111\}$ gemessen, welche er durch Einwirkung von $NH_3$ auf überschüssiges Wolframsäurehydrat darstellte. Wegen der leichten Verwitterbarkeit nur approximativ meßbar.

19) Ch. de Marignac, Ann. chim. phys. 1864, (4) 3, 74. Oeuvres 2, 211.
20) Scheibler, Journ. f. prakt. Chemie 1861, 83, 303.
21) Lotz, Annalen d. Chemie u. Pharm. 1854, 91, 49.
22) Riche, Ann. chim. phys. 1857, (3) 50, 5.
23) Scheibler, Journ. f. prakt. Chemie 1860, 80, 209.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *69°50′ |
| $o:o_{,} = (111):(1\bar{1}1) =$ | 71°54′ | 71 40 |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark (Wyrouboff).

### Natriummetawolframat-Dekahydrat = $W_4O_{13}Na_2 . 10H_2O$.

Spec. Gew. 3,847 Scheibler[20]), 4,04 Sobolew[24]).

Tetragonal. $a:c = 1:0,9930$ Wyrouboff[6]).

Bildet sich nach Scheibler[20]) (l. c. 302) beim Kochen von Kaliumparawolframat mit Wolframsäurehydrat in großen, leicht verwitternden Oktaëdern (?). Rammelsberg[25]) bestimmte durch Messungen ihre Form als eine tetragonale Bipyramide $o\{111\}$, ebenso Wyrouboff (l. c. 82), während Sobolew[24]) die Krystalle für Oktaëder hielt.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Sobolew: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | 70°20′ | — | 71°30′—73° 0′ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 70°54′ | 71 2 | 70°40′ | 69 40 —70 50 |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark (Wyrouboff). Nach Sobolew sind die Krystalle anfangs einfachbrechend, später entstehen Risse und anomale Doppelbrechung.

### Strontiummetawolframat-Oktohydrat = $W_4O_{13}Sr . 8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0556:1:0,7999$; $\beta = 90°21'$ Wyrouboff[6]).

Das Salz entsteht beim Lösen von Strontiumcarbonat in Metawolframsäure und wurde zuerst als tetragonale Combination $\{111\}$, $\{001\}$, $\{100\}$, einem Kubooktaëder ähnlich, beschrieben von Scheibler[20]) (l. c. 313) und Rammelsberg[25]) (l. c. 580). Wyrouboff (l. c. 69) beobachtete dicktafelige Krystalle mit $c\{001\}$, $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$, also ohne $a\{100\}$ und $b\{010\}$. Die Messungen von Rammelsberg sind offenbar sehr ungenau.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *47°40′ | .47°21′ |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *47 56 | 47 21 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 64°56′ | 64 45 | 61°30′—62°30′ |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *65 15 | 61 30 —62 30 |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 61 16 | 61 20 | 61 30 —62 30 |

Doppelbrechung negativ, schwach; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet etwa 10° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$: $2E = 93°40'$, Dispersion sehr stark, $\varrho < v$.

### Magnesiummetawolframat-Oktohydrat = $W_4O_{13}Mg . 8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6763:1:0,7792$; $\beta = 106°43'$ Wyrouboff[6]).

24) Sobolew, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1896, **12**, 28. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **30**, 650.

25) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-physikal. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 579.

Dargestellt von Wyrouboff (l. c. 71) durch Umsetzen von Baryummetawolframat und Magnesiumsulfat. Die großen, glänzenden und luftbeständigen Krystalle sind gewöhnlich Tafeln nach $c\{001\}$ bei gleichzeitiger Verlängerung nach der $a$-Axe und zeigen noch $b\{010\}$, $q\{011\}$, $m\{110\}$ und $a\{100\}$, letzteres immer stark gekrümmt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b=(110):(010)=$ | — | *57° 4′ |
| $q:b=(011):(010)=$ | — | *53 16 |
| $m:c=(110):(001)=$ | 76° 2′ | 75 55 |
| $q:m=(011):(110)=$ | 58 45 | 58 40 |
| $q:m'=(011):(\bar{1}10)=$ | — | *82 26 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 2. Mittellinie bildet in der Symmetrieebene etwa 66° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$. $2V = 77°50'$, Dispersion schwach, $\varrho < v$; $\beta = 1,74$.

### Nickelmetawolframat-Oktohydrat = $W_4O_{13}Ni.8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6555:1:0,7464$; $\beta = 106°22'$ Wyrouboff[6]).

Krystalle erhält man nach Wyrouboff (l. c. 74) aus wässeriger Lösung nur unter 16°; es sind rechteckige Tafeln $c\{001\}$, begrenzt von $a\{100\}$ und $b\{010\}$, wozu sehr selten und untergeordnet noch $m\{110\}$ und $q\{011\}$ treten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c=(100):(001)=$ | 73°38′ | 73°52′ |
| $m:b=(110):(010)=$ | — | *57 50 |
| $q:b=(011):(010)=$ | — | *54 24 |
| $m:c=(110):(001)=$ | 76 12 | 76 5 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 2. Mittellinie bildet in der Symmetrieebene 63°30′ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$. Axenwinkel sehr groß ($2H_a = 132°$ ca.), Dispersion stark, $\varrho > v$; sehr deutliche gekreuzte Dispersion. Farbe tiefgrün.

### Zinkmetawolframat-Oktohydrat = $W_4O_{13}Zn.8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,6626:1:0,7557$; $\beta = 105°57'$ Wyrouboff[6]).

Wyrouboff (l. c. 72) erhielt aus wässeriger Lösung bei 6°—20° rechteckige Tafeln $c\{001\}$, begrenzt von $a\{100\}$ und $b\{010\}$, wozu bisweilen untergeordnet noch $m\{110\}$ und $q\{011\}$ treten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c=(100):(001)=$ | — | *74° 3′ |
| $m:b=(110):(010)=$ | — | *57 30 |
| $q:b=(011):(010)=$ | — | *54 0 |
| $m:c=(110):(001)=$ | 76°38′ | 76 40 |
| $m':q=(\bar{1}10):(011)=$ | 82 44 | 82 40 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 2. Mittellinie bildet in der Symmetrieebene 61° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$. Axenwinkel sehr groß ($2H = 123°$ ca.), Dispersion ziemlich schwach, $\varrho > v$.

### Baryummetawolframat-9½Hydrat = $W_4O_{13}Ba.9\frac{1}{2}H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9962:1:1{,}5070$ Wyrouboff[6]).

Scheibler[20]) (l. c. 308), welcher dem Salze 9 Mol. $H_2O$ zuteilte, und Rammelsberg[25]) (l. c. 579) beschrieben die Krystalle als tetragonal; sie beobachteten dieselben Formen wie Wyrouboff (l. c. 77), welcher beim langsamen Abkühlen einer warm gesättigten Lösung große bipyramidale Krystalle der Combination: $r\{101\}$, $q\{011\}$, ziemlich groß $c\{001\}$ und untergeordnet $m\{110\}$, erhielt. Die Krystalle sind gewöhnlich Zwillinge oder Drillinge nach $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Rammelsberg: | Scheibler: |
|---|---|---|---|---|
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *56° 32′ | 56° 20′ | 56° 18′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | 56° 26′ | 56 26 | 56 20 | 56 18 |
| $q:r = (011):(101) =$ | — | *72 15 | 72 25 | 72 13 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 53 59 | 53 55 | 54 0 | 53 57 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 53 46 | 53 55 | 54 0 | 53 57 |
| $r:\underline{r} = (101):(\underline{101}) =$ | 72 28 | 72 28 | — | — |
| $r:\underline{q} = (101):(\underline{011}) =$ | 0 13 | 0 14 | — | — |

Doppelbrechung positiv, sehr schwach; Axenebene ist $a\{100\}$ und 1. Mittellinie die $c$-Axe; $2E = 27°$ ca. (Wyrouboff).

### Kobaltmetawolframat-9½Hydrat = $W_4O_{13}Co.9\frac{1}{2}H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9878:1:1{,}3764$ Wyrouboff[6]).

Zuerst beschrieben von Scheibler als mit 9 Mol. $H_2O$ krystallisierend; Wyrouboff (l. c. 80) beobachtete bipyramidale Krystalle $r\{101\}$ und $q\{011\}$ mit $c\{001\}$ und $m\{110\}$; sie sind nur selten Zwillinge (s. vor. Salz).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *54° 20′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *54 0 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 69° 57′ | 69 50 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 55 21 | 55 30 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $a\{100\}$ und 1. Mittellinie die $c$-Axe; $2E = 47°$. Farbe dunkel granatrot.

### Calciummetawolframat-Dekahydrat = $W_4O_{13}Ca.10H_2O$.

Triklin pinakoidal (pseudotetragonal).

$a:b:c = 1{,}0070:1:1{,}3694$ Wyrouboff[6]).

$\alpha = 91°1'$, $\beta = 93°0'$, $\gamma = 90°16'$.

Schöne farblose und durchsichtige Krystalle vom Ansehen tetragonaler Bipyramiden mit den vorherrschenden Formen $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$ und mit Abstumpfung der Ecken durch $a\{100\}$, $b\{010\}$ und $c\{001\}$ erhielt Wyrouboff (l. c. 88) beim Verdunsten einer Lösung von Calciumcarbonat in Metawolframsäure. Meist Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 89° 41′ | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *87° 0′ |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | 88 58 | 89 4 |
| $o:b$ | $= (111):(010) =$ | — | *51 6 |
| $o:p$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *76 40 |
| $\omega:b$ | $= (11\bar{1}):(010) =$ | 50 29 | — |
| $\pi':b$ | $= (\bar{1}11):(010) =$ | 50 3 | 50 0 |
| $o:c$ | $= (111):(001) =$ | — | *60 22 |
| $p:c$ | $= (1\bar{1}1):(001) =$ | — | *61 30 |
| $\pi':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 63 37 | — |
| $p:\omega'$ | $= (1\bar{1}1):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 79 28 | 80 5 |
| $p:\pi$ | $= (1\bar{1}1):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 54 53 | 54 30 |
| $o:\omega$ | $= (111):(11\bar{1}) =$ | 4 9 | 4 25 |

Doppelbrechung negativ, schwach; Axenebene, genau senkrecht zu $c\{001\}$, bildet 78° mit der Kante $[\bar{1}\bar{1}1:001]$; die 1. Mittellinie ist unter 33° geneigt gegen die Normale zu (001); $2E = 115°$ mit starker Dispersion $\varrho > v$; deutlich geneigte Dispersion.

### Manganometawolframat-Dekahydrat = $W_4O_{13}Mn.10H_2O$.

Tetragonal. $a:c = 1:0{,}9919$ Wyrouboff[6]).

Große Krystalle mit $o\{111\}$ erhielt Wyrouboff (l. c. 83) aus wässeriger Lösung durch Umsetzung von Manganosulfat mit Baryummetawolframat.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:o_{,}$ | $= (111):(11\bar{1}) =$ | — | *70° 57′ |
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 70° 16′ | 70 18 |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark. Farbe im reflectierten Lichte schmutzig rosa, im durchfallenden Lichte bernsteingelb.

### Cadmiummetawolframat-Dekahydrat = $W_4O_{13}Cd.10H_2O$.

Tetragonal. $a:c = 1:0{,}9936$ Wyrouboff[6]).

Bipyramiden $o\{111\}$, welche bisweilen untergeordnet $c\{001\}$ und $a\{100\}$ zeigen, erhielt Wyrouboff (l. c. 84) aus einer Lösung von $Cd$-Carbonat in Metawolframsäure.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:o_{,}$ | $= (111):(11\bar{1}) =$ | — | *70° 48′ |
| $o:o$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 70° 30′ | 70 10 |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark.

### Didymmetawolframat-Heptakaiikosihydrat = $(W_4O_{13})_3Di_2.27H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9736:1:1{,}2952$ Wyrouboff[6]).

Ziemlich große Krystalle erhält man nach Wyrouboff (l. c. 76), wenn man die in der Wärme eingeengte wässerige Lösung nicht unter 15° freiwillig verdunsten läßt. Sie sind tafelig nach $b\{010\}$ oder $c\{001\}$ und zeigen außerdem $o\{111\}$, bei vorherrschendem $c$ auch noch untergeordnet $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *61° 42′ |
| $r:c = (101):(001) =$ | 53° 4′ | 53 15 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *75 48 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 78 11 | 78 5 |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark; Axenebene $a\{100\}$; 1. Mittellinie $c$-Axe; $2H_a = 94°$ ca., Dispersion schwach. Farbe rosenrot.

### Lanthanmetawolframat-Triakontahydrat = $(W_4O_{13})_3La_2 . 30H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,9859:1:0,5786$ Wyrouboff[6]).

$\alpha = 97°6'$, $\beta = 93°50'$, $\gamma = 89°2'$.

Krystalle aus wässeriger Lösung beim Verdunsten unterhalb 20°. Sie sind nach Wyrouboff (l. c. 93) etwas prismatisch verlängert nach der $c$-Axe und zeigen die Formen $b\{010\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $x\{0\bar{1}1\}$, $q\{011\}$ und $\xi\{21\bar{1}\}$; die beiden letzteren fehlen zuweilen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *90° 30′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 86° 15′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 82 57 | — |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | 44 58 | 44 50 |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *45 0 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *57 0 |
| $r:b = (101):(010) =$ | — | *84 20 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 86 19 | 86 10 |
| $q:r = (011):(101) =$ | 40 2 | 39 10 |
| $x:r = (0\bar{1}1):(101) =$ | — | *41 40 |
| $\xi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 44 31 | 44 50 |
| $\xi':x = (\bar{2}\bar{1}1):(0\bar{1}1) =$ | 49 10 | 49 0 |

Die Ebene der optischen Axen ist senkrecht zu $a\{100\}$; durch $\{100\}$ ist ein Axenbild sichtbar.

### Cerometawolframat-Triakontahydrat = $(W_4O_{13})_3Ce_2 . 30H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,9838:1:0,5825$ Wyrouboff[6]).

$\alpha = 96°43'$, $\beta = 92°34'$, $\gamma = 91°30'$.

Wyrouboff (l. c. 90) erhielt beim Verdunsten der wässerigen Lösung unterhalb 16° etwas nach der $c$-Axe prismatisch verlängerte Krystalle mit den Formen $b\{010\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$ und $x\{0\bar{1}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *88° 11′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 87° 14′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 83 12 | — |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | 46 13 | 46 25 |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | 89 24 | 89 25 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *57 30 |
| $x:a = (0\bar{1}1):(100) =$ | — | *88 27 |
| $x:b' = (0\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 64 57 | 64 47 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:r = (110):(101) =$ | — | *62° 52′ |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101) =$ | 72° 10′ | 71 58 |
| $r:x = (101):(0\bar{1}1) =$ | — | *43 3 |
| $\mu:x = (1\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | 71 12 | 71 20 |

Doppelbrechung stark; Ebene der optischen Axen sehr nahe senkrecht zu $a\{100\}$; durch $\{100\}$ ist ein Axenbild sichtbar; Axenwinkel sehr groß. Farbe lebhaft gelb.

### Ammoniumpentawolframat-Pentahydrat = $W_5O_{17}(NH_4)_4 . 5H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,1204:1:1,7190$ Marignac[18]).

$\alpha = 105°46'$, $\beta = 95°17'$, $\gamma = 90°1'$.

Nach Marignac (l. c. 32 bzw. 94) erhält man die Krystalle am besten beim Abkühlen einer heißen Lösung von Ammoniumparawolframat. Es sind sehr kleine achtseitige Blättchen mit vorherrschendem $c\{001\}$ und den weiteren Formen $a\{100\}$, $q\{011\}$, $x\{0\bar{1}1\}$, $o\{111\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$. Die Krystalle sind fast immer Zwillinge, nach einer Fläche von $c\{001\}$ verwachsen und zwar nach zwei verschiedenen Gesetzen: 1) die Flächen $c$ beider Krystalle sind parallel und die beiden Krystalle so gegen einander gedreht, daß die $a$-Flächen vorn einen einspringenden und hinten einen ausspringenden Winkel bilden; 2) die beiden Krystalle haben sowohl parallele $c$- wie parallele $a$-Flächen; Drehungsaxe ist also die $b$-Axe. Die berechneten Werte der folgenden Tabelle sind die von Marignac; die obigen Elemente leitete Goßner aus den drei beobachteten Fundamentalwinkeln Marignacs und aus den beiden berechneten Werten für $q:c$ und $x:c$ ab.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 88° 28′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 74 10 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 84 31 | 84° 45′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | 48 18 | 48 12 |
| $x:c = (0\bar{1}1):(001) =$ | 72 3 | 72 0 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *53 55 |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | 73 0 | 73 16 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | — | *79 55 |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 59 0 | 58 55 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 53 42 | 53 30 |
| $p:a = (1\bar{1}1):(100) =$ | 48 34 | 48 17 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 50 31 | 50 37 |
| $\pi:a = (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | 58 45 | 59 0 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 86 21 | 86 14 |
| $x:a = (0\bar{1}1):(100) =$ | 88 19 | 88 23 |
| $o:q = (111):(011) =$ | — | *32 39 |
| $\pi':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 34 54 | 34 56 |
| $\omega:q = (11\bar{1}):(011) =$ | 64 25 | 64 47 |
| $p:x = (1\bar{1}1):(0\bar{1}1) =$ | 39 45 | 39 50 |
| $\omega':x = (\bar{1}\bar{1}1):(0\bar{1}1) =$ | 41 10 | 41 30 |

### Natriumpentawolframat-Hendekahydrat = $W_5O_{17}Na_4 . 11H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6056:1:0,4477$; $\beta = 118°36'$ Marignac[18]).

Von Marignac (l. c. 50 bzw. 109) nur in einzelnen Krystallen neben dem gewöhnlichen parawolframsauren Natrium (S. 618) erhalten; es kann nach ihm, gemäß seiner procentischen Zusammensetzung, auch als zweite Modification des letzteren Salzes aufgefaßt werden. Es sind Prismen $m\{110\}$ mit $c\{001\}$ als herrschende Form am Ende und untergeordnetem $\omega\{11\bar{1}\}$ und $y\{22\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *56° 0′ |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 46°27′ | 46 28 |
| $y:y = (22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1}) =$ | 61 9 | 61 28 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *65 0 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *49 35 |
| $y':c = (\bar{2}21):(001) =$ | 79 6 | 79 30 |

**Natriumheptawolframat-Hekkaidekahydrat = $W_7O_{24}Na_6 \cdot 16H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6836:1:1{,}1802 \text{ Marignac}^{18)}.$$

$$\alpha = 95°3', \qquad \beta = 123°42', \qquad \gamma = 91°53'.$$

Von Marignac (l. c. 51 bzw. 110) nur ein einziges Mal erhalten aus einer Lösung von Natriumparawolframat, welche zugleich etwas Natriumcarbonat enthielt. Es sind kurze, stark gestreifte sechsseitige Prismen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, am Ende mit $c\{001\}$, $x\{0\bar{1}1\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$ und $\pi\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 84°21′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *82°40′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 56 21 | — |
| $m:b = (110):(010) =$ | 56 5 | 55 30 |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | 59 18 | 59 50 |
| $x:b' = (0\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | — | *49 15 |
| $\pi:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 63 2 | 63 10 |
| $\omega':b = (\bar{1}11):(010) =$ | — | *58 45 |
| $\omega:\pi = (1\bar{1}\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 58 13 | 58 11 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 58 8 | 57 50 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 63 44 | 63 30 |
| $\pi':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | — | *62 32 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 55 39 | 55 40 |
| $\pi:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 59 20 | 59 38 |
| $\omega:m = (1\bar{1}\bar{1}):(110) =$ | 87 33 | 87 10 |
| $\pi:\mu = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 85 6 | 85 20 |
| $\omega:\mu = (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 60 36 | 60 50 |
| $x:\mu = (0\bar{1}1):(1\bar{1}0) =$ | 48 44 | 48 30 |
| $\pi:x = (11\bar{1}):(01\bar{1}) =$ | — | *46 10 |

**Natriumheptawolframat-Henikosihydrat = $W_7O_{24}Na_6 \cdot 21H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}9296:1:0{,}5207 \text{ Marignac}^{18)}.$$

$$\alpha = 92°47', \qquad \beta = 96°28', \qquad \gamma = 89°40'.$$

Bildet sich nach Marignac (l. c. 46 bzw. 106) beim langsamen Erkalten einer Lösung von Natriumparawolframat, die längere Zeit zum Sieden erhitzt worden ist. Es sind kurze gestreifte Prismen $a\{100\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$, in deren Zone untergeordnet noch $m\{110\}$ und $b\{010\}$ und an deren Kanten mit der

herrschenden Endform $c\{001\}$ ebenfalls untergeordnet $q\{011\}$, $t\{021\}$, $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ auftreten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100):(010) =$ | — | $*90°\ 0'$ |
| $b : c = (010):(001) =$ | $87°14'$ | 87 20 |
| $a : c = (100):(001) =$ | — | *83 24 |
| $m : b = (110):(010) =$ | 47 15 | 47 16 |
| $m : \mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *85 30 |
| $t : c = (021):(001) =$ | 44 40 | 44 20 |
| $o : b = (111):(010) =$ | 64 47 | 64 41 |
| $\omega : b = (11\bar{1}):(010) =$ | 66 35 | 66 48 |
| $m : c = (110):(001) =$ | — | *83 16 |
| $\mu : c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 87 3 | 87 5 |
| $o : c = (111):(001) =$ | 34 54 | 34 30 |
| $\omega' : c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | — | *39 52 |
| $o : a = (111):(100) =$ | 59 22 | 59 50 |
| $\omega : a = (11\bar{1}):(100) =$ | 67 51 | 67 45 |
| $t : a = (021):(100) =$ | 85 32 | 85 38 |
| $o : t = (111):(021) =$ | 30 30 | 30 42 |
| $\mu' : t = (\bar{1}10):(021) =$ | 63 19 | 64 0 |
| $o : \mu = (111):(1\bar{1}0) =$ | 85 11 | 85 18 |
| $\omega : \mu = (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 89 35 | 89 27 |

### Ammoniumparawolframat-Pentahydrat = $W_{12}O_{41}(NH_4)_{10} \cdot 5H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,0442 : 1 : 0,7871;\quad \beta = 109°50'$ Marignac[18]).

Bildet sich nach Marignac (l. c. 29 bzw. 92) beim Verdampfen einer Lösung von gewöhnlichem Ammoniumparawolframat nahe der Siedetemperatur. Die Krystalle sind meist rhomboëderähnliche Combinationen von $c\{001\}$ und $m\{110\}$; selten findet sich noch mit kleinen Flächen $\omega\{11\bar{1}\}$. Häufig Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | $*89°\ 0'$ |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | $71°32'$ | 72 20 |
| $m : c = (110):(001) =$ | — | *76 0 |
| $\omega' : c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *54 0 |

### Kaliumparawolframat-Hendekahydrat = $W_{12}O_{41}K_{10} \cdot 11H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,9137 : 1 : 1,1362$ Marignac[18]).

$\alpha = 65°36',\quad \beta = 117°22',\quad \gamma = 115°39'.$

Das Salz entsteht, wenn man zur Lösung von neutralem Kaliumwolframat eine Säure zusetzt. Nach Marignac (l. c. 33 bzw. 96) sind die Krystalle gewöhnlich dünne sechsseitige Tafeln $c\{001\}$ mit $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$ und $b\{010\}$, fast immer Zwillinge nach $c\{001\}$. Nur bei sehr langsamer Krystallisation aus lange erwärmter Lösung entstehen manchmal größere Krystalle, welche noch weitere Formen $q\{011\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$ zeigen; sie sind zugleich etwas gestreckt nach der $a$-Axe und keine Zwillinge.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 72° 30′ | — |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | — | *105° 30′ |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 70 0 | 70 0 |
| $m:\mu$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *83 6 |
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | 38 40 | 38 26 |
| $\mu:a$ | $= (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *49 16 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | 57 0 | 56 46 |
| $\varrho':c$ | $= (\bar{1}01):(001) =$ | 64 13 | 64 30 |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *86 6 |
| $\mu:c$ | $= (1\bar{1}0):(001) =$ | 58 51 | 59 0 |
| $\omega':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | — | *77 20 |
| $q:a$ | $= (011):(100) =$ | 58 9 | — |
| $\omega:a$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | 62 9 | — |
| $\varrho:b$ | $= (10\bar{1}):(010) =$ | 60 31 | — |
| $\omega':b$ | $= (\bar{1}11):(010) =$ | 67 26 | — |
| $q:m$ | $= (011):(110) =$ | 42 55 | 43 2 |
| $\varrho:m$ | $= (10\bar{1}):(110) =$ | 41 55 | — |
| $\omega:m$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(110) =$ | 85 18 | — |

## Ammoniumparawolframat-Hendekahydrat = $W_{12}O_{41}(NH_4)_{10} \cdot 11H_2O$.

### Trikline Modification.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}9785:1:1{,}2154 \quad \text{Marignac[18]}.$$

$$\alpha = 65°47', \qquad \beta = 117°33', \qquad \gamma = 119°2'.$$

Krystalle, mit oder ohne gleichzeitige Bildung der pseudorhombischen Modification, erhält man beim Verdunsten einer Lösung von Wolframsäurehydrat in Ammoniak. Marignac (l. c. 28 bzw. 91) beobachtete an Krystallen, welche nach $c\{001\}$ tafelig und verlängert nach der $a$-Axe waren, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$, untergeordnet $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | — | *71° 10′ |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | — | *104 40 |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *69 50 |
| $m:\mu$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | 82° 48′ | — |
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | — | *37 54 |
| $\varrho':c$ | $= (\bar{1}01):(001) =$ | — | *64 54 |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | 85 35 | 85 40 |
| $\mu:c$ | $= (1\bar{1}0):(001) =$ | 58 53 | 58 25 |
| $\omega':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 77 17 | 77 0 |
| $\omega:a$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | 62 56 | 62 36 |
| $\varrho:b$ | $= (10\bar{1}):(010) =$ | 59 48 | 60 10 |
| $\omega':b$ | $= (\bar{1}11):(010) =$ | 67 28 | 67 30 |
| $\varrho:m$ | $= (10\bar{1}):(110) =$ | 41 33 | 40 42 |
| $\varrho:\mu$ | $= (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 76 41 | 76 12 |

### Pseudorhombische Modification.

$$a:b:c = 0{,}7995:1:0{,}4582 \quad \text{Schabus[26]}.$$

Bildet sich nach Laurent[27]) und Marignac[18]) (l. c. 35 bzw. 88) beim Verdunsten einer Lösung von Wolframsäure oder Ammoniummetawolframat in

26) Schabus, Best. d. Krystallgest. i. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 38.

27) Laurent, Ann. chim. phys. 1847, 3) **21**, 54.

Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur, oft neben der $\alpha$-Modification, in dünnen langen Prismen mit stark gestreifter Verticalzone. Kerndt[28]), welcher das Salz zuerst darstellte, und Schabus[26]), welcher die Formen $b\{010\}$, $a\{100\}$, $m\{310\}$, $n\{710\}$, $l\{16.1.0\}$ und $o\{111\}$ beobachtete, beschrieben die Krystalle als rhombisch; es sind jedoch nach Marignac und Taylor[29]) complicierte Zwillinge, nach Ersterem wahrscheinlich von triklinen, nach Letzterem von monoklinen Krystallen.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:o' =$ | $(111):(\bar{1}11) =$ | — | *55° 2′ |
| $o:b =$ | $(111):(010) =$ | — | *68 19 |
| $m:b =$ | $(310):(010) =$ | 75° 5′ | 75 10 |
| $n:b =$ | $(710):(010) =$ | 83 29 | 83 20 |
| $l:b =$ | $(16.1.0):(010) =$ | 86 57 | 87 0 |

Nach Taylor ist infolge der complicierten Zwillingsbildung die Auslöschung in der Prismenzone parallel der Verticalaxe, welche auch die erste Mittellinie darstellt.

### Natriumammoniumparawolframat-Dodekahydrat = $(W_{12}O_{41})_2(NH_4)_{15}Na_5 . 24H_2O$.

Triklin?

Marignac[18]) (l. c. 52 bzw. 111) stellte Krystalle dar aus einer gemischten Lösung von Ammonium- und Natriumparawolframat, mit letzterem im Überschusse. Es sind sehr kleine dünne Blättchen $c\{001\}$ mit $o\{111\}$ und $p\{1\bar{1}1\}$, welche nur angenäherte Messungen erlauben. Ob die noch auftretenden Flächen an den Kanten $[00\bar{1}:111]$ bzw. $[00\bar{1}:1\bar{1}1]$ durch eine etwaige höhere Krystallsymmetrie oder durch Zwillingsbildung nach $c\{001\}$ bedingt seien, ließ sich nicht entscheiden.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $o:c =$ | $(111):(001) =$ | 78°—79° | beob. |
| $p:c =$ | $(1\bar{1}1):(001) =$ | 76 —78 | » |
| $p:o =$ | $(1\bar{1}1):(111) =$ | 91 —92 | » |

### Natriumammoniumparawolframat-Pentakaidekahydrat = $W_{12}O_{41}(NH_4)_6Na_4 . 15H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}9014:1:1{,}4468$$ Marignac[18]).

Marignac (l. c. 53 bzw. 112) erhielt sehr dünne Blättchen $c\{001\}$ mit $o\{111\}$ und $b\{010\}$ aus gemischten Lösungen von Ammonium- und Natriumparawolframat, mit letzterem im Überschusse, nachdem sich aus der Lösung zuerst das vorhergehende Doppelsalz abgeschieden hatte. Hallopeau[7]) (l. c. 182) stellte das Salz ebenfalls dar und fand, daß die Krystalle eine Auslöschungsschiefe von 36° gegen die längste Kante besitzen (wenn dies die Kante $c:o = (001):(111)$ wäre, müßte dieser Winkel 42° betragen).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:o =$ | $(111):(1\bar{1}1) =$ | — | *74° 50′ |
| $o:o' =$ | $(111):(\bar{1}11) =$ | 84° 46′ | 84 40 |
| $o:c =$ | $(111):(001) =$ | — | *65 10 |

28) Kerndt, Journ. f. prakt. Chemie 1846, **41**, 190.
29) Taylor, Journ. Amer. Chem. Soc. 1902, **24**, 680.

**Natriumkaliumparawolframat-Pentakaidekahydrat = $W_{12}O_{41}K_8Na_2.15H_2O$.**

Triklin?.

Aus gemischten Lösungen gleicher Mengen Kalium- und Natriumparawolframat bilden sich nach Marignac[18]) (l. c. 54 bzw. 113), nach teilweiser Abscheidung des Kaliumsalzes, tafelförmige Krystalle der Combination: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$.

$$m:\mu = (110):(1\bar{1}0) = 92^\circ-92\tfrac{1}{2}^\circ \text{ beob.}$$
$$m:c = (110):(001) = 76-77 \quad »$$
$$\mu:c = (1\bar{1}0):(001) = 78\tfrac{1}{2}-79\tfrac{1}{2} \quad »$$

**Natriumparawolframat-Henikosihydrat = $W_{12}O_{41}Na_{10}.21H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}8695:1:1{,}2787 \text{ Marignac}^{18)}.$$
$$\alpha = 91^\circ 18', \qquad \beta = 86^\circ 16', \qquad \gamma = 97^\circ 59'.$$

Das Salz entsteht bisweilen nach Marignac (l. c. 45 bzw. 105) neben dem Hydrat mit $25H_2O$ bei 60°—80°, gewöhnlich jedoch, wenn man überschüssige Krystalle des letzteren bei Gegenwart von Mutterlauge im Rohre einige Stunden auf 100° erhitzt. Die oktaëderähnlichen Krystalle zeigen die Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$ in ungefähr gleichmäßiger Ausbildung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:c = (010):(001)$ = | 89° 13′ | 89° 39′ |
| $a:b = (100):(010)$ = | 82 5 | — |
| $a:c = (100):(001)$ = | 93 45 | — |
| $o:b = (111):(010)$ = | 49 2 | 48 0 |
| $o:p = (111):(1\bar{1}1)$ = | — | *71 50 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010)$ = | 51 33 | 51 50 |
| $\omega:\pi = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ = | 68 12 | — |
| $o:c = (111):(001)$ = | — | *66 10 |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001)$ = | — | *63 45 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001)$ = | — | *62 6 |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001)$ = | — | *57 40 |
| $\pi:o = (1\bar{1}\bar{1}):(111)$ = | 95 13 | 94 54 |
| $p:\omega = (1\bar{1}1):(11\bar{1})$ = | 94 30 | 94 28 |

**Natriumparawolframat-Pentakaiïkosihydrat = $W_{12}O_{41}Na_{10}.25H_2O$.**

Monoklin prismatisch (triklin?).

$$a:b:c = 0{,}8069:1:0{,}5328; \quad \beta = 120^\circ 10' \text{ Marignac}^{18)}.$$

Marignac (l. c. 44 bzw. 104) erhielt Krystalle beim Verdunsten einer Lösung von Natriumparawolframat bei höherer Temperatur; es sind gestreifte Prismen $m\{110\}$, oft tafelig nach einer Prismenfläche, am Ende $c\{001\}$ mit untergeordnetem $\omega\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *69° 48′ |
| $m:c = (110):(001)$ = | — | *65 40 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001)$ = | — | *47 40 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ = | 55° 19′ | 54 48 |

### Natriumkaliumparawolframat-Pentakaiikosihydrat = $(W_{12}O_{41})_{11}K_{20}Na_{90} \cdot 275H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,3701:1:1,7372$ Marignac[18]).

$\alpha = 86^\circ 19'$, $\beta = 96^\circ 0'$, $\gamma = 95^\circ 43'$.

Nach Marignac (l. c. 54 bzw. 114) erhält man Krystalle aus einer gemischten Lösung von Kalium- und Natriumparawolframat mit letzterem in sehr großem Überschusse. Sie sind tafelig nach $c\{001\}$ und zeigen außerdem $a\{100\}$, $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$; häufig Zwillinge.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | $84^\circ 38'$ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 93 7 | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *$84^\circ 20'$ |
| $o:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | 91 30 | 91 25 |
| $\omega:\pi = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 96 58 | 96 46 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *65 20 |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | — | *59 20 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 66 51 | 66 34 |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(011) =$ | 69 6 | 69 40 |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *51 40 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 56 50 | 57 10 |
| $p:a = (1\bar{1}1):(100) =$ | 59 25 | 59 12 |
| $\pi:a = (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | — | *62 26 |

### Natriumparawolframat-Oktokaiikosihydrat = $W_{12}O_{41}Na_{10} \cdot 28H_2O$.

Spec. Gew. 3,987 Scheibler[20]).

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,5341:1:1,1148$ Marignac[18]).

$\alpha = 93^\circ 56'$, $\beta = 113^\circ 36'$, $\gamma = 85^\circ 55'$.

Nach Scheibler[20]) (l. c. 285), welcher die Krystalle für monoklin hielt und ihnen die Formel $W_7O_{24}Na_6 \cdot 16H_2O$ gab, nach Marignac (l. c. 38 bzw. 99) und Rammelsberg[25]) (l. c. 576) dicke sechsseitige, oft in der Richtung der $a$-Axe gestreckte Tafeln nach $c\{001\}$ oder $b\{010\}$ mit den weiteren Formen $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, gewöhnlich auch mit $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, selten tritt dazu noch untergeordnet $a\{100\}$ und $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Scheibler: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | $92^\circ 45'$ | $93^\circ$ 0' | — | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | 87 30 | $87^\circ 15'$ | $87^\circ 30'$ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 66 36 | 66 35 | — | — |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *66 6 | — | 66 8 |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *61 39 | 62 40 | 62 5 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 44 24 | 44 30 | — | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *67 28 | 67 18 | 66 42 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 70 39 | 70 27 | 70 30 | 70 48 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | — | *62 22 | 62 30 | 62 30 |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 61 56 | 61 55 | 62 14 | 62 0 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 69 22 | 69 20 | — | — |
| $\pi':b = (\bar{1}11):(010) =$ | 61 27 | 61 36 | — | 61 40 |

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Scheibler: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|
| $q : m = (011) : (110) =$ | $56^{\circ}55'$ | $56^{\circ}58'$ | — | — |
| $\omega : m = (11\bar{1}) : (110) =$ | 50 10 | 50 10 | $50^{\circ}21'$ | $50^{\circ}12'$ |
| $\pi : m = (1\bar{1}\bar{1}) : (110) =$ | 74 25 | 74 0 | 74 48 | — |
| $\omega : \mu = (11\bar{1}) : (1\bar{1}0) =$ | 71 50 | 71 40 | — | — |
| $\pi : \mu = (1\bar{1}\bar{1}) : (1\bar{1}0) =$ | 47 25 | 47 38 | 47 38 | 47 40 |
| $\pi : \omega = (1\bar{1}\bar{1}) : (11\bar{1}) =$ | 49 12 | 49 4 | 49 10 | 49 2 |

Eine optische Axe ist nahezu senkrecht zu $c\{001\}$ (Marignac).

## Salze complexer Kieselmolybdän- und Kieselwolframsäuren und deren Verbindungen mit Nitraten.

Unter den complexen Säuren, zu welchen sich Kieselsäure einerseits, Molybdänsäure bzw. Wolframsäure andererseits verbinden, kommt der niedrigste Gehalt an der zweiten Componente der Kieseldekawolframsäure zu, welche nach Marignac[1]) eine glasige Masse von der Zusammensetzung $SiO_2 . 10\,WO_3 . 4H_2O + 3H_2O$ (bei 100° getrocknet) bildet und von ihm als achtbasisch betrachtet wird; diese Säure, welche nicht krystallisiert erhalten werden konnte, ist äußerst unbeständig und geht beim Eindampfen ihrer Lösung unter Kieselsäureabscheidung leicht in eine der beiden isomeren Kieseldodekawolframsäuren über. Von ihren Salzen wurden nur zwei in krystallisiertem Zustande erhalten, ein saures, **Dihydrogenhexaammoniumsilicodekawolframat-Enneahydrat** $= W_{10}SiO_{36}(NH_4)_6H_2 . 9H_2O$, dessen monokline Krystallform nur unvollständig bestimmt werden konnte, und das rhombische **Ammoniumsilicodekawolframat-Oktohydrat** $= W_{10}SiO_{36}(NH_4)_8 . 8H_2O$; von diesen hat übrigens Marignac das erste später nicht wieder erhalten können (s. ebenda 19 bzw. 64) und hielt daher seine Zusammensetzung nicht für sicher festgestellt. Bei den vergeblichen Versuchen Marignacs, Kaliumsalze von bestimmter Zusammensetzung und in meßbaren Krystallen darzustellen, bildeten sich zwei wohlkrystallisierte Salze, welche $SiO_2$ und $WO_3$ im Verhältnisse 1 : 11 enthielten und von denen Marignac vermutet, daß es vielleicht Doppelverbindungen seien, bestehend aus einem Salze der vorigen Säure und einem der Kieseldodekawolframsäure; unter Annahme der gleichen Basicität für diese intermediäre Säure ist das eine, triklin krystallisierende: **Tetrahydrogentetrakaliumsilicohendekawolframat-Dekahydrat** $= W_{11}SiO_{39}K_4H_4 . 10H_2O$, das zweite, rhombische, neutrales **Kaliumsilicohendekawolframat-Monohydrat** $= W_{11}SiO_{39}K_8 . H_2O$.

Weitaus die meisten Salze sind von denjenigen complexen Säuren bekannt, welche $SiO_2 : MoO_3$ bzw. $WO_3$ im Verhältnisse 1 : 12 enthalten, der Silicododekamolybdänsäure, gewöhnlich »Kieselmolybdänsäure« genannt, und der entsprechenden Silicododekawolframsäure, von Marignac als »Kieselwolframsäure« bezeichnet, sowie der mit letzterer isomeren »Wolframkiesel-

1) Ch. de Marignac, Ann. chim. phys. 1864, (4) 3, 57. Oeuvres 2, 197.

säure. Während der Entdecker der beiden letzteren Säuren, Marignac[2], dieselben für achtbasisch hielt, selbst aber angibt, daß die Salze mit 4 Atomen einwertiger Metalle sich leichter bilden, als die mit 8 Atomen, werden von Wyrouboff, Copaux und Kehrmann die sämtlichen Säuren mit dem Verhältnisse 1 : 12 als vierbasisch betrachtet, welche Annahme auch hier beibehalten ist. Von den Salzen der beiden isomeren Säuren des Wolframs sind diejenigen der »Kieselwolframsäure«, im folgenden als Silicowolframate bezeichnet, die zahlreicheren und beständigeren; die entsprechend zusammengesetzten Silicomolybdate sind mit ihnen isomorph. Sämtliche hierher gehörige Salze enthalten Krystallwasser und zwar nach den bisherigen Angaben in mannigfacher und meist sehr hoher Molekülzahl, wobei aber zu bemerken ist, daß wegen des hohen Molekulargewichtes dieser Verbindungen eine Differenz des Wassergehaltes um einen Bruchteil eines Procentes einer Differenz um 1—2 Mol. $H_2O$ entspricht, daher mehrfach die angegebenen Molekülzahlen für $H_2O$ als unsicher bezeichnet werden müssen. Als saure Salze sind die folgenden Alkaliverbindungen zu betrachten: **Dihydrogendinatriumsilicowolframat-Hexakaidekahydrat** $= W_{12}SiO_{40}Na_2H_2 . 16 H_2O$, welches triklin krystallisiert; ferner die beiden monoklinen Salze, welche als **Hydrogentrikaliumsilicomolybdat-13½-Hydrat** $= Mo_{12}SiO_{40}K_3H . 13\frac{1}{2} H_2O$ und **Hydrogentrikaliumsilicowolframat-14½-Hydrat** $= W_{12}SiO_{40}K_3H . 14\frac{1}{2} H_2O$ beschrieben worden sind, deren Formen so vollständig übereinstimmen, daß Isomorphie und daher wohl auch Gleichheit ihres Wassergehaltes ($14 H_2O$?) anzunehmen ist; endlich das ebenfalls monoklin krystallisierende **Hydrogentrinatriumsilicomolybdat-Hexakaidekahydrat** $= Mo_{12}SiO_{40}Na_3H . 16 H_2O$. Unter den normalen Salzen befindet sich nur eine Lithiumverbindung: **Lithiumsilicowolframat-Tetrakaidekahydrat** $= W_{12}SiO_{40}Li_4 . 14 H_2O$, welche triklin krystallisiert. **Natriumsilicowolframat-Triskaidekahydrat** $= W_{12}SiO_{40}Na_4 . 13 H_2O$ besitzt eine trikline Krystallform, welche eine auffallende Übereinstimmung mit derjenigen des oben erwähnten sauren Salzes $W_{12}SiO_{40}Na_2H_2 . 16 H_2O$ zeigt; nähme man für beide den gleichen Krystallwassergehalt an, so würde diese Übereinstimmung dafür sprechen, daß der Ersatz zweier Wasserstoffatome durch Natrium wegen des hohen Molekulargewichtes der Verbindung keine wesentliche Änderung der Krystallform hervorzubringen imstande ist, was mit den Erfahrungen an complicierten Silicaten, in denen eine isomorphe Vertretung von Wasserstoff durch Alkalimetalle in wechselnden Mengen stattfindet, übereinstimmt. Dann wäre aber zu erwarten, daß auch die intermediäre Verbindung $W_{12}SiO_{40}Na_3H . 16 H_2O$ eine ähnliche Krystallform haben müsse; diese ist nicht gemessen worden, wohl aber das unzweifelhaft damit isomorphe kieselmolybdänsaure Salz $Mo_{12}SiO_{40}Na_3H . 16 H_2O$,

2) In der S. 619 Anm. 1) citierten Arbeit S. 8 bzw. 155 erwähnt Marignac die Möglichkeit, diese Säuren als vierbasisch zu betrachten, entscheidet sich aber dann doch für die oben erwähnte Annahme; darnach ist die Angabe bei Besprechung der freien Säure im ersten Bande S. 127 entsprechend zu ändern.

und deren Krystallform ist, wie oben erwähnt, monoklin und weicht vollkommen von der jener beiden Salze ab. So bietet diese Gruppe von complexen Verbindungen noch mannigfache Rätsel dar, welche nur durch weitere Untersuchungen gelöst werden können. Hierbei wäre ferner die Frage zu prüfen, ob nicht auch das Hydrat der freien Säure, welches Copaux (s. **1**, 127) in nicht meßbaren triklinen Krystallen erhielt und dem er die Formel $Mo_{12}SiO_{40}H_4.15H_2O$ gab, in naher krystallochemischer Beziehung zu jenen Natriumsalzen steht. Die beiden ebenfalls triklin krystallisierenden Salze **Natriumsilicomolybdat-Tetrakaidekahydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Na_4.14H_2O$ und **Natriumsilicowolframat-Tetrakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Na_4.14H_2O$ müssen trotz ihrer etwas verschiedenen Ausbildung als isomorph betrachtet werden. Kieselwolframsaures Natrium bildet außerdem mit Natriumnitrat eine Verbindung, **Natriumsilicowolframat-Natriumnitrat-Pentakaitessarakontahydrat** = $3W_{12}SiO_{40}Na_4.4NO_3Na.45H_2O$, welche triklin krystallisiert. **Kaliumsilicowolframat-Pentakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}K_4.15H_2O$ krystallisiert monoklin. Den nächst höheren Wassergehalt besitzen die beiden hexagonalen und durch ihre optische Activität ausgezeichneten, isomorphen Salze **Kaliumsilicomolybdat-Oktokaidekahydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}K_4.18H_2O$ und **Kaliumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}K_4.18H_2O$. Das **Natriumsilicowolframat-Ikosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Na_4.20H_2O$ wurde in zwei verschiedenen, aber beide triklin krystallisierenden Modificationen, einer bei gewöhnlicher Temperatur stabilen und einer metastabilen, beobachtet. Von besonderem Interesse ist das **Lithiumsilicowolframat-Tetrakaïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Li_4.24H_2O$, weil dasselbe in seiner trigonalen Krystallform, sowie in Spaltbarkeit und optischen Eigenschaften eine sehr nahe Übereinstimmung mit dem entsprechenden Hydrate der Säure $W_{12}SiO_{40}H_4.24H_2O$ (s. **1**, 130) zeigt und mit diesem nach Wyrouboff[3]) auch isomorphe Mischungen in allen Verhältnissen bildet; hier liegt also wohl ein ähnlicher Fall vor, wie bei denjenigen Silicaten mit großem Molekulargewichte, in welchen Wasserstoff und Alkalimetalle einander in wechselnder Menge isomorph vertreten. Die Kieselmolybdänsäure bildet ein Lithiumsalz mit höherem Wassergehalte, **Lithiumsilicomolybdat-Enneakaïkosihydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Li_4.29H_2O$, welches nach Copaux[4]) aus der bei niederer Temperatur langsam verdunstenden Lösung in regulären Oktaëdern krystallisiert. Endlich sind von der Kieselmolybdänsäure noch zwei verschiedene Hydrate, beide triklin, bekannt, welche Silber und Kalium im Verhältnisse 3 : 1 enthalten; **Kaliumtriargentosilicomolybdat-Heptahydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Ag_3K.7H_2O$ und **Kaliumtriargentosilicomolybdat-Pentakaidekahydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Ag_3K.15H_2O$.

Die Salze der zweiwertigen Metalle sind durchschnittlich noch wasserreicher als die der einwertigen; den niedrigsten Gehalt von $H_2O$ haben: das **Beryllium-**

---

3) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1896, **19**, 262. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 663.

4) Copaux, Ann. chim. phys. 1906, (8) **7**, 131.

**silicowolframat-Pentakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Be_2.15H_2O$, welches nach Wyrouboff[3]) (l. c. 333) tetragonale (pseudotetragonale?) Prismen mit positiver Doppelbrechung bildet, das triklin krystallisierende **Mercurisilicowolframat-Pentakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Hg_2.15H_2O$ und das monokline Doppelsalz **Calciumsilicowolframat - Calciumnitrat - Pentakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Ca_2.(NO_3)_2Ca.15H_2O$. Von den Verbindungen mit 16 Mol. $H_2O$ sind **Strontiumsilicowolframat-Hexakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Sr_2.16H_2O$, **Baryumsilicomolybdat-** und **Baryumsilicowolframat-Hexakaidekahydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Ba_2.16H_2O$ und $W_{12}SiO_{40}Ba_2.16H_2O$ monoklin und unzweifelhaft isomorph, während das ebenfalls monokline **Cuprisilicowolframat-Hexakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Cu_2.16H_2O$ eine abweichende Form zeigt. Der letzteren ist aber auffallend ähnlich diejenige von **Strontiumsilicowolframat-Heptakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Sr_2.17H_2O$, dessen Wassergehalt daher wahrscheinlich zu hoch angegeben worden ist. **Calciumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Ca_2.18H_2O$, dessen trikline Krystallform nicht vollständig bestimmt werden konnte, scheint mit den folgenden Salzen nicht isomorph zu sein; dagegen stimmen die Formen der fünf triklinen Salze **Magnesium-, Mangano-, Nickel-, Kobalto-** und **Zinksilicowolframat-Oktokaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Mg_2.18H_2O$, $W_{12}SiO_{40}Mn_2.18H_2O$, $W_{12}SiO_{40}Ni_2.18H_2O$, $W_{12}SiO_{40}Co_2.18H_2O$ und $W_{12}SiO_{40}Zn_2.18H_2O$ vollkommen mit einander überein. Eine isolierte Stellung nimmt das monoklin krystallisierende **Bleisilicowolframat - Henkaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Pb_2.21H_2O$ ein. Es folgen dann zwei trikline und wohl sicher isomorphe Salze, **Cadmiumsilicomolybdat-Diskaiïkosihydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Cd_2.22H_2O$ und **Cadmiumsilicowolframat - Tris(?)kaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Cd_2.23(?)H_2O$, von welchen wohl anzunehmen ist, daß sie gleichen Wassergehalt besitzen, und zwar 22 Mol., da **Strontiumsilicowolframat - Triskaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Sr_2.23H_2O$ allerdings auch eine trikline, aber von der jener Salze wesentlich verschiedene Form zeigt. **Calciumsilicowolframat - Tetrakaiikosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Ca_2.24H_2O$ krystallisiert trigonal und stimmt noch genauer, als das Lithiumsalz $W_{12}SiO_{40}Li_4.24H_2O$ (s. vor. S.) mit der Säure $W_{12}SiO_{40}H_4.24H_2O$ überein. Mischungen wurden in diesem Falle nicht dargestellt. Die gleiche Krystallform zeigt nun aber auch das Salz, welches Copaux[4]) als **Baryumsilicomolybdat - Diskaiïkosihydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Ba_2.22H_2O$ beschrieben hat und von welchem er später mitteilte[5]), daß es isomorphe Mischungen mit der für sich nicht erhaltenen Säure $Mo_{12}SiO_{40}H_4.24H_2O$ bildet, welche Mischungen 8—50 % der letzteren und 92°—50° des Baryumsalzes mit 22 Mol. $H_2O$ enthalten; bei dem geringen procentischen Betrage der Differenz des Wassergehaltes der beiden von ihm angenommenen Componenten der Mischung erscheint es recht zweifelhaft, ob hier wirklich ein »besonderer Fall der Isomorphie« vorliegt. Für einen Gehalt von $24H_2O$ im Baryumsalze spricht auch der Umstand, daß das **Baryumsilico-**

5) Copaux, Bull. soc. fr. min. 1906, **29**, 78.

**wolframat-Tetrakaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Ba_2.24H_2O$ die gleiche trigonale Krystallform zeigt. Copaux[5]) stellte auch von letzterem Salze Mischungen mit dem Silicomolybdate dar und gibt an, daß auch in diesen das Molybdat, wenn es überwiegt, 22 Mol. $H_2O$ enthalte, dagegen bei vorwaltendem Wolframate dieses dem Molybdate in den Mischkrystallen seinen Wassergehalt von 24 Mol. aufzwinge. Während die eben genannten, trigonal krystallisierenden Körper sämtlich starke Doppelbrechung besitzen, existiert eine Reihe von kieselmolybdän- und kieselwolframsauren Salzen mit einem um 2—3 Mol. höheren Wassergehalte, deren Krystalle eine schwache Doppelbrechung und eine pseudooktaëdrische Combination der Basis mit einem spitzen Rhomboëder zeigen, dessen Hauptaxe ungefähr doppelt so groß ist, als die der pseudohexaëdrischen Grundform der vorigen Reihe; für diese Verbindungen werden folgende Formeln angegeben: **Calciumsilicomolybdat-Hexakaiïkosihydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Ca_2.26H_2O$, **Calciumsilicowolframat-Hepta(?)kaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Ca_2.27(?)H_2O$ (nach Marignac $24H_2O$), **Strontiumsilicomolybdat-Hexakaiïkosihydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Sr_2.26H_2O$, **Strontiumsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Sr_2.27H_2O$, ferner **Magnesium-, Mangano-, Nickel-, Kobalto-, Cupri-, Zink-** und **Cadmiumsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Mg_2.27H_2O$, $W_{12}SiO_{40}Mn_2.27H_2O$, $W_{12}SiO_{40}Ni_2.27H_2O$, $W_{12}SiO_{40}Co_2.27H_2O$, $W_{12}SiO_{40}Cu_2.27H_2O$, $W_{12}SiO_{40}Zn_2.27H_2O$ und $W_{12}SiO_{40}Cd_2.27H_2O$. Es ist wohl anzunehmen, daß alle diese Körper den gleichen Wassergehalt (26 oder 27 Mol.?) besitzen und daß die Verschiedenheit der Angaben nur auf dem äußerst geringen procentischen Betrage der Differenz beruht. Die gleiche trigonale Krystallform zeigen auch noch folgende Verbindungen, für die aber ein höherer Wassergehalt angegeben wird: **Berylliumsilicowolframat-Enneakaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Be_2.29H_2O$, **Cupri-** und **Zinksilicowolframat-Enneakaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}Cu_2.29H_2O$ und $W_{12}SiO_{40}Zn_2.29H_2O$; die beiden letzteren Salze konnte Wyrouboff[3]) (l. c. 315 und 318, Ausz. 673 und 674) wegen ihrer äußerst schnellen Verwitterung nicht messen. Derselbe Wassergehalt wird von Copaux[4]) (l. c. 136) dem Salze **Baryumsilicomolybdat-Enneakaiïkosihydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Ba_2.29H_2O$ zugeschrieben, welches aber in regulären Oktaëdern krystallisiert; dasselbe gehört wahrscheinlich zu der folgenden isomorphen Gruppe. Von Wyrouboff bzw. Copaux wurden nämlich in regulären Oktaëdern erhalten: **Berylliumsilicowolframat-Henkaitriakontahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Be_2.31H_2O$, **Magnesium-, Mangano-, Nickel-, Kobalto-, Cupri-** und **Zinksilicomolybdat-Henkaitriakontahydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Mg_2.31H_2O$, $Mo_{12}SiO_{40}Mn_2.31H_2O$, $Mo_{12}SiO_{40}Ni_2.31H_2O$, $Mo_{12}SiO_{40}Co_2.31H_2O$, $Mo_{12}SiO_{40}Cu_2.31H_2O$ und $Mo_{12}SiO_{40}Zn_2.31H_2O$. Die Krystallstructur dieser Verbindungen dürfte nahe verwandt sein mit derjenigen der entsprechenden Säurehydrate $Mo_{12}SiO_{40}H_4.31H_2O$ und $W_{12}SiO_{40}H_4.31H_2O$ (s. **1**, 130), deren pseudokubische (tetragonale) Krystalle eine dem regulären Oktaëder sehr nahe stehende Form zeigen.

Das Doppelsalz **Kaliumbaryumsilicowolframat-Heptakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}BaK_2.17H_2O$ krystallisiert monoklin; außerdem ist nur noch eine Verbindung dieser Art von der Zusammensetzung eines basischen Salzes als rhombisch (wahrscheinlich nur pseudorhombisch) beschrieben worden: **Natriumbaryumsilicowolframat-Oktokaiïkosihydrat** = $W_{12}SiO_{42}Ba_3Na_2.28H_2O$.

Unter den kieselwolframsauren Salzen derjenigen dreiwertigen Metalle, welche nicht den seltenen Erden angehören, befindet sich ein saures: das monokline **Hydrogenindiumsilicowolframat-Ikosihydrat** = $W_{12}SiO_{40}InH.20H_2O$. **Aluminium-** und **Ferrisilicowolframat-Hexakontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3Al_4.60H_2O$ und $(W_{12}SiO_{40})_3Fe_4.60H_2O$ krystallisieren triklin, wurden aber zuerst als monoklin beschrieben; nur von dem zweiten konnten genügend gut meßbare Krystalle erhalten werden; die damit unzweifelhaft isomorphen Salze **Chromi-** und **Galliumsilicowolframat-Hexakontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3Cr_4.60H_2O$ und $(W_{12}SiO_{40})_3Ga_4.60H_2O$, von welchen bisher nur die ältere Bestimmung als monoklin vorliegt, krystallisieren jedenfalls auch triklin. Eine gewisse Ähnlichkeit zeigt mit den vorhergehenden auch die trikline Krystallform von **Wismutsilicowolframat-Hexakontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3Bi_4.60H_2O$, doch sind die Axenverhältnisse zu stark abweichend, um das Salz für isomorph mit jenen erklären zu können. Dasselbe gilt auch für das ebenfalls triklin mit ähnlichen Axenwinkeln krystallisierende **Indiumsilicowolframat-Triskaihexakontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3In_4.63H_2O$, dessen Wassergehalt procentisch kaum von dem der vorhergehenden Salze zu unterscheiden ist. Eine unzweifelhaft isomorphe Gruppe bilden dagegen **Aluminium-, Chromi-** und **Galliumsilicowolframat-Heptakaioktokontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3Al_4.87H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Cr_4.87H_2O$ und $(W_{12}SiO_{40})_3Ga_4.87H_2O$, welche trigonal krystallisieren und zwar in ähnlichen Formen und mit ähnlichen optischen Eigenschaften, wie die S. 623 erwähnten kieselwolframsauren Salze zweiwertiger Metalle, für welche als Wassergehalt teils 26, teils 27, teils 29 Mol. angegeben wird; der letzteren Angabe entspricht nun ihre Zusammensetzung insofern, als sie sich von diesen (deren Formel verdreifacht) nur dadurch unterscheiden, daß in ihnen sechs Atome zweiwertiger Metalle durch vier Atome dreiwertiger vertreten sind. Dieselbe Vertretung ohne Änderung der Krystallform wiederholt sich bei den folgenden Salzen: **Aluminium-, Chromi-** und **Ferrisilicomolybdat-Triskaiënneakontahydrat** = $(Mo_{12}SiO_{40})_3Al_4.93H_2O$, $(Mo_{12}SiO_{40})_3Cr_4.93H_2O$ und $(Mo_{12}SiO_{40})_3Fe_4.93H_2O$, **Aluminium-, Chromi-, Ferri-, Gallium-** und **Indiumsilicowolframat-Triskaiënneakontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3Al_4.93H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Cr_4.93H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Fe_4.93H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Ga_4.93H_2O$ und $(W_{12}SiO_{40})_3In_4.93H_2O$, welche Copaux bzw. Marignac und Wyrouboff in regulären Oktaëdern erhielten, also in derselben Form, in welcher auch die entsprechenden Salze der zweiwertigen Metalle, wie $(Mo_{12}SiO_{40})_3Mg_6.93H_2O = 3(Mo_{12}SiO_{40}Mg_2.31H_2O)$ (s. S. 623 unten), krystallisieren. Ein basisches Doppelsalz von Aluminium und Ammonium erhielt Marignac[1]) in großen oktaëderähnlichen doppeltbrechenden Krystallen.

Die Salze der dreiwertigen Metalle der seltenen Erden lassen keine krystallochemischen Beziehungen zu den vorhergehenden erkennen, während sie unter einander mehrfache Verwandtschaft zeigen. So bilden unter den sauren Salzen eine isomorphe trikline Gruppe: **Hydrogenlanthan-, Hydrogencero-, Hydrogendidym-** und **Hydrogengadoliniumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}LaH.18H_2O$, $W_{12}SiO_{40}CeH.18H_2O$, $W_{12}SiO_{40}DiH.18H_2O$ und $W_{12}SiO_{40}GdH.18H_2O$, eine zweite, monoklin krystallisierende Gruppe: **Hydrogenyttrium-, Hydrogenterbium-** und **Hydrogenytterbiumsilicowolframat-24½-Hydrat** = $W_{12}SiO_{40}YH.24\frac{1}{2}H_2O$, $W_{12}SiO_{40}TbH.24\frac{1}{2}H_2O$ und $W_{12}SiO_{40}YbH.24\frac{1}{2}H_2O$; eine isolierte Stellung nimmt das trigonale **Hydrogenerbiumsilicowolframat-25½-Hydrat** = $W_{12}SiO_{40}ErH.25\frac{1}{2}H_2O$ ein. Unter den normalen Salzen krystallisieren trigonal mit übereinstimmmenden Formen und Cohäsionsverhältnissen, z. Teil mit optischen Anomalien (pseudotrigonal?): **Neodym-** (bzw. **Didym-**), **Samarium-, Gadolinium-, Yttrium-, Terbium-, Ytterbium-** und die Mischung von **Yttrium-** und **Erbiumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3Nd_4.78H_3O$ bzw. $(W_{12}SiO_{40})_3Di_4.78H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Sm_4.78H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Gd_4.78H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Y_4.78H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Tb_4.78H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Yb_4.78H_2O$ u. $(W_{12}SiO_{40})_3(Y,Er)_4.78H_2O$. Ebenfalls trigonal, jedoch mit anderen Winkeln krystallisieren **Lanthan-, Cero-, Didym-, Samarium-** und **Gadoliniumsilicowolframat-Henogdoekontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3La_4.81H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Ce_4.81H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Di_4.81H_2O$, $(W_{12}SiO_{40})_3Sm_4.81H_2O$ und $(W_{12}SiO_{40})_3Gd_4.81H_2O$; hier ist aber die trigonale Form nicht die einzige; bei niedrigerer Temperatur tritt als stabile Modification an ihre Stelle eine monokline, welche jedoch dieselben Winkel besitzt und daher ausgezeichnet pseudotrigonal ist; die Umwandlung der ersteren in diese zeigt nach Wyrouboff besonders gut das Cerosalz, welches aus warmer Lösung in trigonalen Krystallen erhalten wird; werden diese aus der Lösung in kalte Luft gebracht, so spalten sie, ohne ihre Durchsichtigkeit zu verlieren, nach {111}, oft so heftig, daß sie zerfallen; dabei wird das Interferenzbild zweiaxig und darauf ganz unregelmäßig, indem der Krystall sich in ein Netzwerk von Zwillingslamellen verwandelt; ist die umgebende Luft warm, so findet diese Umwandlung langsamer und regelmäßiger statt, so daß pseudotrigonale Zwillinge entstehen, wie man sie direct aus einer kalten Lösung (höchstens 15°) erhält. Bei dem Samarium- und dem Gadoliniumsalze scheinen die Umwandlungspunkte tiefer zu liegen, da sie nur in trigonalen Krystallen beobachtet wurden, z. Teil allerdings mit optischen Anomalien, welche auf pseudotrigonale Symmetrie hindeuten. Es wäre sehr wichtig zu untersuchen, ob die beschriebene Umwandlung ohne eine Änderung der Dichte und der specifischen Wärme vor sich geht, in welchem Falle hier ein ausgezeichnetes Beispiel der Polysymmetrie vorliegen würde. Außer an den genannten Salzen beobachtete Wyrouboff die gleiche trigonale Krystallform (ohne optische Anomalien), aber mit stärkerer Doppelbrechung verbunden, auch

noch an Krystallen des Gadoliniumsalzes, in denen er einen ca. 1 % höheren Wassergehalt fand und die er daher als **Gadoliniumsilicowolframat-Enenekontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3Gd_4.90H_2O$ betrachtet. Ihrer Krystallform nach sind nun sämtliche Glieder der letzerwähnten Gruppe von Körpern isomorph mit den Salzen der zweiwertigen Metalle $W_{12}SiO_{40}Mg_2.27H_2O$ u. f., deren Formeln auch geschrieben werden können: $(W_{12}SiO_{40})_3Mg_6.81H_2O$, woraus zu schließen ist, daß in einem derartigen Salze 6 At. *Mg*, *Mn* usw. ohne wesentliche Änderung der Krystallform durch 4 At. *La*, *Ce* usw. ersetzt werden können; auch bei den Verbindungen der zweiwertigen Metalle kehrt dieselbe Krystallform, wie hier bei dem Gadoliniumsalze, an einigen Körpern wieder, für die ein etwas höherer Wassergehalt gefunden wurde (s. S. 623).

Kieselwolframsaure Salze vierwertiger Metalle sind nur vom Thorium bekannt, und zwar ein saures, **Oktohydrogenthoriumsilicowolframat-Pentakaitessarakontahydrat** = $(W_{12}SiO_{40})_3ThH_8.45H_2O$, welches triklin krystallisiert, und zwei nur durch den Wassergehalt verschiedene, neutrale: **Thoriumsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat** und **-Triakontahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Th.27H_2O$ und $W_{12}SiO_{40}Th.30H_2O$; diese krystallisieren beide trigonal, das erste sehr nahe übereinstimmend mit $W_{12}SiO_{40}Mg_2.27H_2O$, das zweite mit etwas abweichenden Winkeln und optischen Eigenschaften.

Von den weniger beständigen Salzen der mit der Kieselwolframsäure isomeren Wolframkieselsäure ist nur eine kleine Anzahl von Marignac in meßbaren Krystallen erhalten worden, und keines mit demselben Wassergehalte, wie die freie Säure (**1**, 131), daher hier eine Vergleichung der Krystallformen beider nicht möglich ist. **Kaliumwolframsilicat-Enneahydrat** = $SiW_{12}O_{40}K_4.9H_2O$ krystallisiert rhombisch, **Natriumwolframsilicat-Dodekahydrat** = $SiW_{12}O_{40}Na_4.12H_2O$ trigonal pseudokubisch, **Calciumwolframsilicat-Diskaiïkosihydrat** = $SiW_{12}O_{40}Ca_2.22H_2O$ triklin; ebenfalls triklin ist ein zweites, basisches Calciumsalz, **Dihydroxypentacalciumwolframsilicat-Enneakaitessarakontahydrat** = $(SiW_{12}O_{40})_2Ca_5(OH)_2.49H_2O$; endlich wurde noch ein ebenfalls triklines Thonerdesalz, **Aluminiumwolframsilicat-Henkaiogdoekontahydrat** = $(SiW_{12}O_{40})_3Al_4.81H_2O$ gemessen.

### Dihydrogenhexaammoniumsilicodekawolframat-Enneahydrat = $W_{10}SiO_{36}(NH_4)_6H_2.9H_2O$.

Monoklin. $a:b = 0{,}688:1$; $\beta = 114^\circ 48'$ Marignac[6]).

Marignac erhielt das Salz nur einmal bei langem Kochen der Lösung des folgenden neutralen Salzes in kurzen stark gestreiften Prismen $m\{110\}$ mit einem vicinalen $n\{10.9.0\}$ und mit $c\{001\}$ als einziger Endigung.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:m$ = | $(110):(1\bar{1}0)$ | = — | *64° ca. |
| $n:n$ = | $(10.9.0):(10.\bar{9}.0)$ | = 58° 41′ | 59 » |
| $m:c$ = | $(110):(001)$ | = — | *69 10′ |
| $n:c$ = | $(10.9.0):(001)$ | = 68 33 | 68 45 |

6) Ch. de Marignac, Ann. chim. phys. 1863, (3) **69**, 85. Oeuvres **2**, 139.

### Ammoniumsilicodekawolframat-Oktohydrat = $W_{10}SiO_{36}(NH_4)_8 . 8H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,5890:1:0,4774$ Marignac[5]).

Dieses Salz bildet sich nach Marignac (l. c. 83 bzw. 137) beim Kochen der Lösung von saurem Ammoniumwolframat mit gelatinöser Kieselsäure; nach Zusatz von Ammoniak scheidet es sich beim Erkalten aus in kurzen stark gestreiften Prismen $m\{110\}$, welche am Ende gewöhnlich nur $c\{001\}$, selten und klein auch $o\{111\}$ zeigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *61° 0′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 40° 42′ | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 72 22 | 72 10 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *43 15 |

### Tetrahydrogentetrakaliumsilicohendekawolframat-Dekahydrat = $W_{11}SiO_{39}K_4H_4 . 10H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,810:1:1,709$ Marignac[1]).

$\alpha = 96^\circ 31'$, $\beta = 123^\circ 38'$, $\gamma = 99^\circ 18'$.

Marignac (l. c. 63 bzw. 202) erhielt das Salz bisweilen neben anderen Producten aus den Mutterlaugen, welche eine Lösung von 1 Mol. Kieseldekawolframsäure und 2 Mol. $CO_3K_2$ bei der Verdunstung hinterließ; kurze, schwach gelb gefärbte Prismen: $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, welche an den Enden neben der herrschenden Form $c\{001\}$ noch untergeordnet $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\xi\{11\bar{2}\}$ zeigten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 74° 14′ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 54 17 | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 75 40 | — |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 85 15 | 86° 0′ |
| $m:\mu' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *65 40 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *62 0 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *82 30 |
| $m:\sigma = (110):(20\bar{1}) =$ | — | *56 30 |
| $\mu:\sigma = (1\bar{1}0):(20\bar{1}) =$ | — | *68 0 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 87 43 | 86 0 |
| $\omega:\sigma = (11\bar{1}):(20\bar{1}) =$ | 54 45 | 55 10 |
| $\xi':c = (\bar{1}12):(001) =$ | 58 34 | 58 0 |
| $\xi:\mu' = (11\bar{2}):(\bar{1}10) =$ | 58 15 | 59 0 |

### Kaliumsilicohendekawolframat-Monohydrat = $W_{11}SiO_{39}K_8 . H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,8875:1:0,4123$ Marignac[1]).

Aus einer Lösung von Kieseldekawolframsäure und $CO_3K_2$ im Verhältnisse 1:4 erhielt Marignac (l. c. 61 bzw. 200) neben anderen Producten nadelige Krystalle $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, deren sechsflächige Endigung von den Formen $o\{111\}$ und $r\{101\}$ gebildet wurde.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 83° 10′ | 83° 0′ |
| $a:r = (100):(101) =$ | — | *65 5 |
| $o:b = (111):(010) =$ | — | *69 30 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 66 46 | 67 0 |
| $o:m = (111):(110) =$ | 58 9 | 58 24 |

### Dihydrogendinatriumsilicowolframat-Hexakaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Na_2H_2 . 16H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,0748:1:0,9521$ Wyrouboff[3]).

$\alpha = 89°6'$, $\beta = 95°50'$, $\gamma = 85°17'$.

Bildet sich nach Marignac[1]) (l. c. 32 bzw. 175) und Wyrouboff, nach Letzterem bei 25°—30°, aus einer Lösung von Natriumsilicowolframat, welche überschüssige Kieselwolframsäure oder etwas Schwefelsäure enthält. Die schönen Krystalle sind dicke, annähernd rechteckige Tafeln nach $c\{001\}$, begrenzt von $a\{100\}$ und $b\{010\}$ (nach der hier beibehaltenen Aufstellung von Wyrouboff) und mit den mehr untergeordneten Formen $m\{110\}$, $p\{1\bar{1}1\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$; die letzteren sind nach Marignac seltener.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *94° 50′ | 95° 0′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *84 4 | 84 20 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *91 24 | 91 30 |
| $m:a = (110):(100) =$ | 49° 30′ | 49 30 | 49 30 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 86 50 | — | 88 0 |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | 50 27 | 50 30 | 49 50 |
| $p:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 53 9 | 53 0 | 52 30 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | — | *53 10 | 52 30 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010) =$ | — | *54 30 | 54 36 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 63 0 | 63 0 | 63 40 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ (Wyrouboff).

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark; Axenebene nach Wyrouboff senkrecht zur $b$-Axe; die 1. Mittellinie bildet 4° 16′ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; $2H_a = 54°$, Dispersion ziemlich stark; gekreuzte und geneigte Dispersion deutlich.

### Hydrogentrikaliumsilicomolybdat-18½Hydrat = $Mo_{12}SiO_{40}K_3H . 18\frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,200:1:0,860$; $\beta = 102°21'$ Copaux[4]).

Man erhält das Salz nach Copaux, wenn man eine bei 40° gesättigte wässerige Lösung eines Gemenges gleicher Teile Kieselmolybdänsäure und Kaliumsilicomolybdat langsam abkühlen läßt; die Krystalle sind sechsseitige dicke Tafeln nach $b\{010\}$ mit den Formen $a\{100\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, häufig mit Zwillingsbildung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:a = (101):(100) =$ | 46° 24′ | 46° 30′ |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *70 50 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *63 50 |

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:a$ | $=(111):(100)$ | $=54°10'$ | 54°40' |
| $\omega:\omega$ | $=(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = — | *74 50 |
| $\omega:o$ | $=(11\bar{1}):(111)$ | = 84 6 | 84 20 |
| $\omega':o$ | $=(\bar{1}11):(111)$ | = 57 10 | 57 13 |
| $\omega':r$ | $=(\bar{1}11):(101)$ | = 74 53 | 74 40 |

## Hydrogentrikaliumsilicowolframat-14½Hydrat = $W_{12}SiO_{40}K_3H \cdot 14\frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}2148:1:0{,}8489;\quad \beta = 102°16'$ Marignac[1]).

Marignac (l. c. 21 bzw. 167) erhielt beim langsamen Abkühlen, Wyrouboff[3]) (l. c. 252) bei 30°—40° aus einer Lösung von Kaliumsilicowolframat, welcher nicht zuviel Schwefelsäure zugesetzt war, kurze rectanguläre Prismen $b\{010\}$ und $a\{100\}$, am Ende mit $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\xi\{32\bar{3}\}$. Einfache Krystalle sind selten; meist sind es Durchkreuzungszwillinge nach $a\{100\}$. Die Flächen der Zone $[010:10\bar{1}]$, insbesondere $b\{010\}$, sind stark gestreift parallel der Zonenaxe.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $r:a$ | $=(101):(100)$ | $=47°\ 0'$ | 46°50' |
| $\varrho:a$ | $=(10\bar{1}):(100)$ | = 63 32 | 63 20 |
| $o:o$ | $=(111):(1\bar{1}1)$ | = — | *63 40 |
| $o:a$ | $=(111):(100)$ | = 54 36 | 54 30 |
| $o:\omega'$ | $=(111):(\bar{1}11)$ | = — | *56 12 |
| $\omega:\omega$ | $=(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = 74 27 | 74 40 |
| $o:\omega$ | $=(111):(11\bar{1})$ | = 85 18 | 85 22 |
| $o:\underline{o}$ | $=(111):(\underline{111})$ | = — | *76 50 |
| $\xi:b$ | $=(32\bar{3}):(010)$ | = 63 8 | 63 30 ca. |

Doppelbrechung negativ, mittelstark; Axenebene nach Wyrouboff[3]) senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 34° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; $2E = 61°36'$, Dispersion ziemlich stark, $\varrho > v$.

## Hydrogentrinatriumsilicomolybdat-Hexakaidekahydrat = $Mo_{12}SiO_{40}Na_3H \cdot 16H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}341:1:0{,}999;\quad \beta = 100°28'$ Copaux[4]).

Eine bei 35° gesättigte wässerige Lösung eines Gemenges gleicher Teile Natriumsilicomolybdat und Kieselmolybdänsäure liefert beim langsamen Erkalten nach Copaux (l. c. 134) kleine sechsseitige dicke Tafeln nach $b\{010\}$ mit den Formen $a\{100\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\xi\{12\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $r:a$ | $=(101):(100)$ | $=46°42'$ | 46°25' |
| $\varrho:a$ | $=(10\bar{1}):(100)$ | = — | *60 12 |
| $o:o$ | $=(111):(1\bar{1}1)$ | = 72 4 | 72 18 |
| $o:a$ | $=(111):(100)$ | = 56 19 | 56 14 |
| $\omega:\omega$ | $=(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = — | *81 53 |
| $\omega:a$ | $=(11\bar{1}):(100)$ | = 67 57 | 67 52 |
| $o:\omega$ | $=(111):(11\bar{1})$ | = — | *78 0 |
| $\xi:b$ | $=(12\bar{1}):(010)$ | = 27 57 | 29 58 |

**Lithiumsilicowolframat-Tetrakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Li_4 . 14H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,1642:1:0,9681$ Wyrouboff[3]).

$\alpha = 90^\circ 0'$, $\beta = 94^\circ 20'$, $\gamma = 86^\circ 26'$.

Wyrouboff (l. c. 264 bzw. 663) erhielt aus stark salpetersaurer Lösung bei 40°—45° schöne, rasch ohne Gewichtsverlust trüb werdende, nach $c\{001\}$ dicktafelige Krystalle mit $a\{100\}$, $b\{010\}$ und untergeordneten $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *93° 34′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *85 40 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *90 16 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 58° 34′ | — |
| $o:b = (111):(010) =$ | 55 58 | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 63 19 | 63 20 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010) =$ | — | *53 40 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | — | *52 42 |
| $\omega:o = (11\bar{1}):(111) =$ | 77 54 | 77 44 |

Doppelbrechung schwach; die Axenebene ist unter 79° ca. und eine positive Bisectrix, um welche $2H = 100^\circ$, stark gegen die $b$-Axe geneigt. Dispersion schwach.

**Natriumsilicowolframat-Triskaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Na_4 . 13H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,0932:1:0,9102$ Marignac[1]).

$\alpha = 88^\circ 52'$, $\beta = 95^\circ 18'$, $\gamma = 86^\circ 37'$.

Bildet sich nach Marignac (l. c. 26 bzw. 171) aus wässeriger Lösung bei 40°—50°, aus saurer Lösung auch bei gewöhnlicher Temperatur. Die glänzenden Krystalle bilden in der hier beibehaltenen Aufstellung von Wyrouboff[2]) (l. c. 244 bzw. 661) annähernd rectanguläre Tafeln nach $c\{001\}$, begrenzt von $a\{100\}$ und $b\{010\}$; gewöhnlich treten dazu noch untergeordnet $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$, seltener $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *93° 30′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *84 38 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *91 24 |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *56 10 |
| $o:b = (111):(010) =$ | — | *57 30 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 50° 10′ | 50 0 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 63 3 | 63 5 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 54 12 | 54 10 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 52 21 | 52 30 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 87 20 | 87 20 |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark; die 1. Mittellinie bildet nach Wyrouboff mit den Normalen zu $c\{001\}$, $a\{100\}$ und $b\{010\}$ die Winkel 2° 44′ bzw. 91° und 82°; $2H = 94^\circ$, Dispersion schwach.

**Natriumsilicomolybdat-Tetrakaidekahydrat** = $Mo_{12}SiO_{40}Na_4 \cdot 14H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}633 : 1 : 0{,}544 \text{ Copaux}^{4)}.$$
$$\alpha = 90^\circ 37', \quad \beta = 94^\circ 21', \quad \gamma = 83^\circ 30'.$$

Copaux (l. c. 132) erhielt bei 35°—40° aus wässeriger Lösung kurze dicke Prismen $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, welche nach $a\{100\}$ etwas abgeplattet erscheinen und an den Enden herrschend $r\{101\}$, $y\{1\bar{2}\bar{1}\}$ und untergeordnet $s\{501\}$ und $x\{3\bar{2}1\}$ zeigen.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 96° 28′ | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 85 41 | — |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | 89 53 | — |
| $m:a$ | $= (110):(100) =$ | — | *63° 13′ |
| $\mu:a$ | $= (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *53 48 |
| $m:r$ | $= (110):(101) =$ | — | *79 38 |
| $\mu:r$ | $= (1\bar{1}0):(101) =$ | — | *77 30 |
| $r:y'$ | $= (101):(\bar{1}21) =$ | — | *59 4 |
| $s:a$ | $= (501):(100) =$ | 29 39 | 30 9 |
| $s:\mu$ | $= (501):(1\bar{1}0) =$ | 59 24 | 59 25 |
| $x:\mu$ | $= (3\bar{2}1):(1\bar{1}0) =$ | 33 40 | 34 10 |

**Natriumsilicowolframat-Tetrakaidekahydrat** = $W_{12}SiO_{40}Na_4 \cdot 14H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}6083 : 1 : 0{,}5542 \text{ Wyrouboff}^{3)}.$$
$$\alpha = 90^\circ 52', \quad \beta = 95^\circ 22', \quad \gamma = 83^\circ 34'.$$

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 242 bzw. 660) aus wässeriger Lösung nur innerhalb enger Temperaturgrenzen um 35°, gewöhnlich begleitet von einem der beiden Hydrate mit 20 oder $13H_2O$. Dicke, nach der $b$-Axe verlängerte Prismen $a\{100\}$, $r\{101\}$, an den Enden mit $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, letztere nach der von Wyrouboff gegebenen Figur nur mit der vorderen Fläche; untergeordnet findet sich $s\{501\}$ und $y\{1\bar{2}\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 97° 10′ | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 84 39 | — |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | 89 48 | — |
| $m:a$ | $= (110):(100) =$ | — | *63° 14′ |
| $\mu:a$ | $= (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *52 56 |
| $m:r$ | $= (110):(101) =$ | — | *78 48 |
| $\mu:r$ | $= (1\bar{1}0):(101) =$ | 76 34 | 76 40 |
| $r:a$ | $= (101):(100) =$ | — | *66 10 |
| $r:y'$ | $= (101):(\bar{1}21) =$ | — | *60 20 |
| $s:a$ | $= (501):(100) =$ | 28 32 | 28 40 |
| $y:a$ | $= (1\bar{2}\bar{1}):(100) =$ | 75 15 | 75 16 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene nach Wyrouboff senkrecht zu $a\{100\}$ und unter 57° gegen die $c$-Axe geneigt; die 1. Mittellinie bildet 24° mit der Normalen zu $a\{100\}$ gegen die Kante [100 : 101] hin; $2E = 80^\circ$, Dispersion schwach, $\varrho > v$.

**Natriumsilicowolframat-Natriumnitrat-Pentakaitessarakontahydrat = $3W_{12}SiO_{40}Na_4 . 4NO_3Na . 45H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}0057:1:0{,}8562 \text{ Wyrouboff[3]}.$$
$$\alpha = 89^\circ 35', \quad \beta = 90^\circ 20', \quad \gamma = 91^\circ 6'.$$

Das Salz entsteht nach Marignac[1]) (l. c. 30 bzw. 174) und Wyrouboff (l. c. 247 bzw. 662) aus einer Lösung, welche Natriumsilicowolframat, Natriumnitrat und etwas freie Salpetersäure enthält, bei 20° meist in großen würfelähnlichen Krystallen der einfachen Combination $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$. Marignac beobachtete bisweilen untergeordnet noch $l\{210\}$ und $\lambda\{2\bar{1}0\}$, Wyrouboff auch $n\{310\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und selten und sehr klein $p\{1\bar{1}1\}$. Die Krystalle sind immer Zwillinge nach $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Beobachtet: Marignac: |
|---|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 89° 14' | — | 88° 30' |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *89° 20' | 89 25 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *90 6 | 90 5 |
| $l:b = (210):(010) =$ | 62 48 | 62 36 | — |
| $\lambda':b = (\bar{2}10):(010) =$ | 63 54 | 63 50 | 63 30 |
| $n:b = (310):(010) =$ | 70 39 | 70 42 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 49 3 | 49 10 | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 40 2 | 40 0 | — |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | — | *49 40 | — |
| $p:a = (1\bar{1}1):(100) =$ | — | *57 20 | — |
| $p:r = (1\bar{1}1):(101) =$ | 33 4 | 32 55 | — |
| $p:l = (1\bar{1}1):(210) =$ | 43 8 | 42 54 | — |
| $c:\underline{c} = (001):(\underline{001}) =$ | 0 12 | — | — |
| $a:\underline{a} = (\underline{100}):(\underline{100}) =$ | — | *1 32 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $a\{100\}$ deutlich.

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark; Axenebene nahezu senkrecht zur $b$-Axe; 1. Mittellinie fast normal zu $c\{001\}$; $2E = 66^\circ 20'$, Dispersion schwach, $\varrho > v$.

**Kaliumsilicowolframat-Pentakaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}K_4 . 15H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}4715:1:1{,}9939; \quad \beta = 102^\circ 54' \text{ Wyrouboff[3]}.$$

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 250 bzw. 663) aus salpetersaurer Lösung über 30°, bei viel Säuregehalt auch bei gewöhnlicher Temperatur in großen rectangulären Tafeln $c\{001\}$, begrenzt von $a\{100\}$ und $q\{011\}$; an den Ecken findet sich noch untergeordnet $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$. Die Krystalle sind, abgesehen von einzelnen sehr dünntafelförmigen, durchwegs Zwillinge nach $c\{001\}$; die Kante [001 : 100] ist außerdem fast immer tief gezähnt dadurch, daß in dieser Richtung zahlreiche Krystalle mit einander verwachsen erscheinen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *77° 6' |
| $q:c = (011):(001) =$ | 62° 46' | 62 40 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 84 1 | 84 0 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *61 0 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:q = (111):(011) =$ | 30° 8′ | 29°56′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *92 40 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 73 28 | 73 20 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 75 6 | — |

Doppelbrechung schwach; Axenebene $b\{010\}$; eine negative Mittellinie, wahrscheinlich die zweite, bildet 5°50′ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; $2H = 120°$, Dispersion sehr schwach.

### Kaliumsilicomolybdat-Oktokaidekahydrat $= Mo_{12}SiO_{40}K_4 . 18H_2O$.

Hexagonal. $a:c = 1:0,6809$ Copaux[4]).

Copaux (l. c. 129) erhielt schöne prismatische Krystalle $m\{10\bar{1}0\}$, am Ende mit $o\{10\bar{1}1\}$, aus wässeriger Lösung gegen 40°.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | — | *36° |
| $o:m = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | 51°50′ | 52 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark. Krystalle aus reiner Lösung sind rechtsdrehend; linksdrehende Krystalle scheinen nur unter bestimmten Bedingungen, so bei Gegenwart überschüssigen Alkalis, zu entstehen. Das Drehungsvermögen beträgt 17° für 1 mm Dicke und $Na$-Licht.

### Kaliumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat $= W_{12}SiO_{40}K_4 . 18H_2O$.

Hexagonal. $a:c = 1:0,6585$ Marignac[1]).

Schöne, stark gestreifte farblose Prismen $m\{10\bar{1}0\}$, am Ende mit $o\{10\bar{1}1\}$, erhält man nach Marignac (l. c. 20 bzw. 166), dessen Beobachtungen Wyrouboff[3]) (l. c. 249 bzw. 662) bestätigte, durch Krystallisation aus wässeriger Lösung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | — | *35°14′ |
| $o:o' = (10\bar{1}1):(\bar{1}101) =$ | 63°14′ | 63 6 |
| $o:m = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | 52 45 | 52 40 |

Wyrouboff und Soret[7]) konnten nur rechtsdrehende Krystalle erhalten.

### Natriumsilicowolframat-Ikosihydrat $= W_{12}SiO_{40}Na_4 . 20H_2O$.

#### $\alpha$-Modification.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1,0320:1:0,9092 \text{ Marignac}^{1)}.$$
$$\alpha = 94°2', \quad \beta = 93°32', \quad \gamma = 88°21'.$$

Nach Marignac (l. c. 27 bzw. 172) erhält man aus wässeriger Lösung bei gewöhnlicher Temperatur stark verkürzte, nahezu rectanguläre Prismen $\mu\{1\bar{1}0\}$, $m\{110\}$, am Ende mit $c\{001\}$; häufig findet sich noch eine einzelne Fläche $a\{100\}$. Nur bei einer Krystallisation zeigten einige Krystalle noch $\omega\{11\bar{1}\}$. Die obigen Elemente wurden von Wyrouboff[3]) (l. c. 240) berechnet.

7) Soret, Arch. sc. phys. nat. Genève 1899, (4) 7, 80. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 34, 630.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 91° 25′ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 86 32 | 86° 28′ |
| $b:c = (010):(001) =$ | 86 3 | — |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *91 40 |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *46 44 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *84 53 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *90 20 |
| $\mu:\omega' = (1\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | 88 51 | 88 45 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | — | *54 30 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $m\{110\}$ unvollkommen (Marignac).

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; nach Wyrouboff[3]) (l. c. 240 bzw. 660) ist die Axenebene senkrecht zur $b$-Axe und die 1. Mittellinie senkrecht zu $c\{001\}$; $2H = 54°$, Dispersion deutlich, $\varrho < v$; geneigte Dispersion erkennbar.

### $\beta$-Modification.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}8056:1:1{,}1221$ Marignac[1]).

$\alpha = 93°14'$, $\beta = 103°29'$, $\gamma = 88°3'$.

Nach Marignac (l. c. 29 bzw. 173) bilden sich beim Abkühlen der gesättigten wässerigen Lösung der oben beschriebenen $\alpha$-Modification zuerst Krystalle des Hydrates mit $13H_2O$, zuletzt die der $\alpha$-Modification, vorher aber immer einige Krystalle einer zweiten, metastabilen Modification, welche sich wieder auflösen, während die der ersten wachsen. Es sind kurze Prismen $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$, an den Enden immer mit $c\{001\}$, $q\{011\}$, $x\{0\bar{1}1\}$; bisweilen treten dazu noch untergeordnet: $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$, $\zeta\{12\bar{1}\}$ und $z\{121\}$. Die obigen Elemente sind von Wyrouboff[3]) (l. c. 241 bzw. 660) für die von ihm gewählte und hier beibehaltene Aufstellung berechnet. Die Krystalle sind wegen ihrer raschen Verwitterung schwer zu messen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 91° 14′ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 76 36 | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 87 8 | — |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *76° 10′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | 77 33 | 77 50 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 81 33 | 81 35 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 45 56 | 45 10 |
| $x:c = (0\bar{1}1):(001) =$ | 49 4 | 49 10 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 63 26 | 64 0 |
| $\zeta':c = (\bar{1}\bar{2}1):(001) =$ | 77 20 | 77 14 |
| $z:c = (121):(001) =$ | 60 27 | 61 0 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *54 40 |
| $q:\mu' = (011):(\bar{1}10) =$ | 69 32 | 69 40 |
| $x_{,}:m = (01\bar{1}):(110) =$ | — | *72 0 |
| $x:\mu = (0\bar{1}1):(1\bar{1}0) =$ | — | *54 40 |
| $\xi:m = (11\bar{2}):(110) =$ | 55 58 | 55 10 |
| $\xi':x = (\bar{1}\bar{1}2):(0\bar{1}1) =$ | 38 13 | 38 0 |
| $\xi':q = (\bar{1}\bar{1}2):(011) =$ | 80 45 | — |
| $\zeta:m = (12\bar{1}):(110) =$ | 32 0 | 31 44 |

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $\zeta : q$ | $= (12\bar{1}) : (011) =$ | 63° 56′ | 63° 0′ |
| $\zeta : \xi$ | $= (12\bar{1}) : (11\bar{2}) =$ | 35 19 | 35 10 |
| $z : m$ | $= (121) : (110) =$ | 25 13 | 25 30 |
| $z : \mu'$ | $= (121) : (\bar{1}10) =$ | 87 42 | 87 0 |
| $z : x$ | $= (121) : (0\bar{1}1) =$ | 76 36 | 76 0 |
| $\varrho : m$ | $= (10\bar{1}) : (110) =$ | 54 47 | 54 10 |
| $\varrho : \mu$ | $= (10\bar{1}) : (1\bar{1}0) =$ | — | *51 0 |
| $\varrho' : x$ | $= (\bar{1}01) : (0\bar{1}1) =$ | 74 20 | 74 15 |
| $\varrho : \zeta$ | $= (10\bar{1}) : (12\bar{1}) =$ | 57 18 | 56 50 |

**Lithiumsilicowolframat-Tetrakaiikosihydrat** $= W_{12}SiO_{40}Li_4 . 24 H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 87° 22'$ $(a : c = 1 : 1{,}3093$ Wyrouboff[3]).

Dieses Hydrat des sehr leicht löslichen Salzes bildet sich bei jeder Temperatur aus der fast syrupösen Lösung; trigonale Tafeln nach $c\{111\}$, combiniert mit $r\{100\}$ und $s\{11\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $r : r$ | $= (100) : (010) =$ | 92° 30′ | 92° 30′ |
| $r : c$ | $= (100) : (111) =$ | 56 32 | 56 28 |
| $s : s$ | $= (11\bar{1}) : (1\bar{1}1) =$ | 110 36 | 110 30 |
| $s : c$ | $= (11\bar{1}) : (111) =$ | — | *71 42 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark.

**Kaliumtriargentosilicomolybdat-Heptahydrat** $= Mo_{12}SiO_{40}Ag_3K . 7 H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 1{,}0073 : 1 : 0{,}4920 \text{ Copaux[8]}.$$
$$\alpha = 87° 30', \quad \beta = 91° 52', \quad \gamma = 79° 34'.$$

Nach Copaux geben die Lösungen von Kaliumsilicomolybdat, Kieselmolybdänsäure und Silbernitrat, in bestimmten Verhältnissen zusammengebracht, beim Stehen einen voluminösen Niederschlag; aus der Mutterlauge krystallisiert bei 18°—20° das obige Salz in dicken sechsseitigen Prismen $b\{010\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, welche oft nach $b\{010\}$ dicktafelig werden und am Ende herrschend $q\{011\}$, untergeordnet $x\{0\bar{1}1\}$, $x\{2\bar{1}1\}$ und $\xi\{21\bar{1}\}$ zeigen. Häufig sind die Krystalle Zwillinge nach $b\{010\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : b$ | $= (100) : (010) =$ | 100° 33′ | 100° 25′ |
| $a : c$ | $= (100) : (001) =$ | 87 37 | — |
| $b : c$ | $= (010) : (001) =$ | 92 55 | — |
| $m : b$ | $= (110) : (010) =$ | — | *50 0 |
| $q : b$ | $= (011) : (010) =$ | 65 45 | 65 30 |
| $x : b'$ | $= (0\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | — | *61 10 |
| $q : a$ | $= (011) : (100) =$ | 92 34 | 93 0 |
| $q : m$ | $= (011) : (110) =$ | 73 20 | 73 35 |
| $x_{,} : m$ | $= (01\bar{1}) : (110) =$ | — | *73 15 |
| $x : b'$ | $= (2\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | — | *62 42 |
| $x : x$ | $= (2\bar{1}1) : (0\bar{1}1) =$ | — | *38 3 |
| $\xi : b$ | $= (21\bar{1}) : (010) =$ | 75 0 | 75 15 |
| $\xi : x_{,}$ | $= (21\bar{1}) : (01\bar{1}) =$ | 43 53 | 44 10 |
| $\xi : m$ | $= (21\bar{1}) : (110) =$ | 47 36 | 47 12 |

8) Copaux, Bull. soc. fr. min. 1907, **30**, 293. (Das demnächst in d. Zeitschr. f. Krystall. erscheinende Referat von Goßner enthält einige hier berücksichtigte Correcturen d. Originals.)

### Kaliumtriargentosilicomolybdat-Pentakaidekahydrat = $Mo_{12}SiO_{40}Ag_3K \cdot 15H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}5919 : 1 : 0{,}4832 \text{ Copaux[8])}.$$
$$\alpha = 84^\circ 50', \qquad \beta = 100^\circ 0', \qquad \gamma = 81^\circ 16'.$$

Bildet sich nach Copaux (l. c. 296) bei 12°—14° aus derselben Lösung wie das vorige Salz in dicken sechsseitigen Prismen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, welche an den Enden $q\{011\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und etwas schmäler $r\{101\}$ zeigen.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 99° 49′ | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 79 3 | — |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | 96 48 | — |
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | — | *67° 10′ |
| $\mu':b$ | $= (\bar{1}10):(010) =$ | — | *52 30 |
| $m:r$ | $= (110):(101) =$ | 55 9 | 55 0 |
| $m:q$ | $= (110):(011) =$ | 73 32 | 73 15 |
| $\mu':q$ | $= (\bar{1}10):(011) =$ | — | *85 25 |
| $\mu:\varrho$ | $= (1\bar{1}0):(10\bar{1}) =$ | 63 34 | 63 45 |
| $r:b'$ | $= (101):(0\bar{1}0) =$ | 79 26 | 79 6 |
| $\varrho':q$ | $= (\bar{1}01):(011) =$ | — | *46 15 |
| $\varrho':\varkappa$ | $= (\bar{1}01):(0\bar{1}1) =$ | 52 3 | 52 23 |
| $q:\varkappa$ | $= (011):(0\bar{1}1) =$ | 51 15 | 51 30 |
| $q:b$ | $= (011):(010) =$ | — | *69 55 |

Farbe bernsteingelb.

### Mercurisilicowolframat-Pentakaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Hg_2 \cdot 15H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}9848 : 1 : 1{,}0191 \text{ Wyrouboff[3])}.$$
$$\alpha = 97^\circ 40', \qquad \beta = 94^\circ 22', \qquad \gamma = 90^\circ 40'.$$

Das Salz, von Wyrouboff (l. c. 323 bzw. 675) dargestellt durch Lösen von $HgO$ in Kieselwolframsäure oder von Mercurosilicowolframat in concentrierter Salpetersäure, krystallisiert bei 25° aus wässeriger Lösung in kurzen, nahezu rectangulären Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$ mit der herrschenden Endfläche $c\{001\}$; in der Form kleiner Dreiecke tritt dazu noch $\omega\{11\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | — | *88° 40′ |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *85 36 |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | — | *82 10 |
| $\omega:a$ | $= (11\bar{1}):(100) =$ | 52° 9′ | 52 10 |
| $\omega:b$ | $= (11\bar{1}):(010) =$ | — | *54 56 |
| $\omega':c$ | $= (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | — | *64 46 |

### Calciumsilicowolframat-Calciumnitrat-Pentakaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Ca_2 \cdot (NO_3)_2Ca \cdot 15H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}9036 : 1 : 1{,}1820; \quad \beta = 94^\circ 52' \text{ Wyrouboff[3])}.$$

Wyrouboff (l. c. 270 bzw. 664) erhielt bei 30° aus einer mit viel Salpetersäure versetzten Lösung von Calciumsilicowolframat dicke Prismen $m\{110\}$, an

deren Enden herrschend $c\{001\}$ und groß $\varrho\{10\bar{1}\}$, untergeordnet $q\{011\}$ und $x\{121\}$ auftraten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *84° 0′ |
| $m:c = (110):(001)$ = | — | *86 22 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ = | 55° 42′ | 55 40 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110)$ = | 54 49 | 54 56 |
| $q:c = (011):(001)$ = | — | *49 40 |
| $x:c = (121):(001)$ = | 67 34 | 67 50 |
| $x:q = (121):(011)$ = | 50 20 | 50 22 |
| $x:x_{,} = (121):(\bar{1}2\bar{1})$ = | 72 4 | — |

Doppelbrechung positiv, sehr stark; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet im stumpfen Winkel $\beta$ 10° mit der $c$-Axe; $2H = 94°$, Dispersion schwach.

### Strontiumsilicowolframat-Hexakaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Sr_2 . 16H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}8452:1:1{,}5695$; $\beta = 104°36'$ Wyrouboff[3]).

Nach Wyrouboff (l. c. 276 bzw. 667) erhält man das Salz aus stark salpetersaurer Lösung bei gewöhnlicher Temperatur oder aus rein wässeriger Lösung oberhalb 50° in sechsseitigen Prismen $a\{100\}$ und $m\{110\}$, welche an den Enden in ungefähr gleich großer Ausbildung $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$ und etwas mehr untergeordnet $\omega\{11\bar{1}\}$ zeigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ = | — | *75° 24′ |
| $m:a = (110):(100)$ = | — | *60 45 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ = | — | *46 20 |
| $q:q_{,} = (011):(01\bar{1})$ = | 66° 44′ | 66 40 |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01)$ = | 67 41 | 67 42 |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110)$ = | 52 50 | 53 0 |
| $\omega':q = (\bar{1}11):(011)$ = | 25 9 | 25 0 |
| $c:m = (001):(110)$ = | 82 55 | — |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet 17° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; $2V$ (aus $2H_a$ und $2H_o$) $= 86°50'$, Dispersion sehr stark, $\varrho < v$; $\beta$ (ber.) $= 1{,}749$.

### Baryumsilicomolybdat-Hexakaidekahydrat = $Mo_{12}SiO_{40}Ba_2 . 16H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}811:1:1{,}554$; $\beta = 104°15'$ Copaux[4]).

Copaux (l. c. 137) erhielt bei 50° aus wässeriger Lösung stark verkürzte sechsseitige Prismen $m\{110\}$, $a\{100\}$, welche an den Enden groß $q\{011\}$ und schmal $c\{001\}$ zeigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ = | — | *75° 45′ |
| $m:a = (110):(100)$ = | — | *60 20 |
| $q:a = (011):(100)$ = | 82° 10′ | 82 15 |
| $q:c = (011):(001)$ = | — | *56 25 |
| $q:m = (011):(110)$ = | 37 40 | 37 48 |

### Baryumsilicowolframat-Hexakaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Ba_2 \cdot 16H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}7987:1:1{,}5440; \quad \beta = 103^\circ 53'$ Marignac[1]).

Nach Marignac (l. c. 34 bzw. 177) erhält man beim langsamen Erkalten einer warm gesättigten Lösung, nach Wyrouboff[3]) (l. c. 278 bzw. 666) auch beim Verdunsten oberhalb 30° kurze sechsseitige Prismen $m\{110\}$ und $a\{100\}$, welche am Ende herrschend $\varrho\{10\bar{1}\}$, daneben $q\{011\}$ und bisweilen noch $c\{001\}$ zeigen.

| | Berechnet: | Beobachtet Marignac: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | 76° 7′ | 76° 0′ |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) =$ | 57 35 | *57 36 |
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *59 36 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 82 20 | 82 22 |
| $q:q_, = (011):(01\bar{1}) =$ | 67 32 | 67 40 |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | — | *67 25 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | — | *74 33 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, unter 14° im spitzen Winkel $\beta$ gegen die $c$-Axe geneigt; 1. Mittellinie ist die $b$-Axe; $2V$ (aus $2H_a$ und $2H_o$) = 78° 44′, Dispersion sehr stark, $\varrho > v$; $\beta$ (ber.) = 1,816.

### Cuprisilicowolframat-Hexakaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Cu_2 \cdot 16H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}4002:1:1{,}0283; \quad \beta = 95^\circ 46'$ Wyrouboff[3]).

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 316 bzw. 673) oberhalb 40° aus rein wässeriger Lösung. Die gemessenen, bei 30°—35° aus salpetersaurer Lösung erhaltenen Krystalle sind dünne, etwas nach der $b$-Axe verlängerte sechsseitige Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Formen $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\xi\{44\bar{3}\}$ und untergeordnetem $b\{010\}$, stets Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *84° 14′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *49 30 |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *59 40 |
| $\xi':c = (\bar{4}43):(001) =$ | 61° 44′ | 61 50 |
| $\xi:a = (44\bar{3}):(100) =$ | 62 30 | 62 35 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; Axenwinkel sehr groß.

### Strontiumsilicowolframat-Heptakaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Sr_2 \cdot 17H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}3001:1:1{,}0058; \quad \beta = 96^\circ 46'$ Wyrouboff[3]).

Wyrouboff (l. c. 275 bzw. 665) erhielt aus schwach salpetersaurer Lösung sehr dünne, etwas nach der $b$-Axe verlängerte sechsseitige Tafeln $c\{001\}$ mit $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und untergeordnetem $b\{010\}$. Die Krystalle sind immer Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *83° 14′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | 49° 7′ | 48 55 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 73 32 | — |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *54° 12′ |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | — | *65 2 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 80° 1′ | — |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 57 15 | — |

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; 1. Mittellinie ungefähr senkrecht zu $a\{100\}$.

### Calciumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Ca_2 \cdot 18H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}4228:1:?\ \text{Wyrouboff}^{3)}.$$
$$\alpha = 87^\circ 40', \quad \beta = 90^\circ 30', \quad \gamma = 81^\circ 6'.$$

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 268 bzw. 664) aus mäßig stark salpetersaurer Lösung etwas unterhalb 30° in dünnen sechsseitigen Tafeln mit vorherrschendem $c\{001\}$ und den Formen $\mu\{1\bar{1}0\}$, $m\{110\}$ und $b\{010\}$; es sind immer Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 98° 56′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *92° 20′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 89 1 | — |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *45 30 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *88 24 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 90 6 | 90 0 |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *59 40 |

Ebene der optischen Axen anscheinend nahe parallel $c\{001\}$; durch dieses Pinakoid keine Axenbilder sichtbar. Eine Schwingungsrichtung auf $c\{001\}$ bildet 11° mit der Kante [001 : 110].

### Magnesiumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Mg_2 \cdot 18H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}4062:1:0{,}3959\ \text{Marignac}^{1)}.$$
$$\alpha = 86^\circ 50', \quad \beta = 90^\circ 24', \quad \gamma = 90^\circ 10'.$$

Nach Marignac (l. c. 39 bzw. 181), dessen Angaben Wyrouboff[3] (l. c. 307 bzw. 671) bestätigte, erhält man aus einer bis zur Syrupconsistenz eingeengten Lösung von $MgO$ in Kieselwolframsäure schöne, nach der $a$-Axe verlängerte, annähernd rectanguläre Prismen, $b\{010\}$ und $c\{001\}$, deren eine Kante durch $k\{021\}$ schmal abgestumpft ist; an den Enden herrschen $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$ vor; mehr untergeordnet sind $p\{1\bar{1}1\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $\xi\{13\bar{1}\}$. Statt der Aufstellung von Marignac wurde hier die davon etwas abweichende, von Wyrouboff vorgeschlagene Stellung beibehalten, und sind die obigen Elemente danach von Goßner neu berechnet worden.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 89° 51′ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 90 24 | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *93° 10′ |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *67 44 |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *68 0 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *90 50 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 88 27 | 88 30 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $k:c = (021):(001)$ | $= 40^\circ\ 1'$ | $40^\circ\ 0'$ |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001)$ | $=$ — | *46 0 |
| $p:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0)$ | $= 72\ 9$ | 72 10 |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001)$ | $= 47\ 39$ | 48 0 |
| $\pi:b = (1\bar{1}\bar{1}):(010)$ | $= 76\ 13$ | 75 40 |
| $\xi':c = (\bar{1}\bar{3}1):(001)$ | $= 55\ 48$ | 55 30 |
| $\xi:b = (13\bar{1}):(010)$ | $= 47\ 57$ | 47 50 |
| $\xi:m = (13\bar{1}):(110)$ | $= 42\ 38$ | 42 20 |
| $k:m = (021):(110)$ | $= 76\ 34$ | 76 30 |
| $k:\mu' = (021):(\bar{1}10)$ | $= 77\ 20$ | 77 20 |
| $k:p = (021):(1\bar{1}1)$ | $= 68\ 56$ | 69 6 |
| $p:m = (1\bar{1}1):(110)$ | $= 59\ 38$ | 59 25 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; durch $b\{010\}$ sind beide Axen sichtbar; ihre Ebene bildet ca. $16^\circ$ mit $b\{010\}$ und $26^\circ 30'$ bzw. $64^\circ 36'$ mit den Axen $a$ bzw. $c$; die 1. Mittellinie ist gegen die Normale zu $b\{010\}$ geneigt unter $18^\circ$ ca. gegen die Kante $[010:110]$ hin; $2E = 71^\circ 40'$, Dispersion schwach, $\varrho > v$; deutliche geneigte Dispersion.

**Manganosilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Mn_2 \cdot 18H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}4018:1:0{,}4088$$ Wyrouboff[3]).

$$\alpha = 87^\circ 0', \qquad \beta = 90^\circ 41', \qquad \gamma = 91^\circ 0'.$$

Nach Wyrouboff (l. c. 309 bzw. 672) erhält man aus wässeriger Lösung oberhalb $15^\circ$ große, nach der $a$-Axe verlängerte, nahezu rectanguläre Prismen, gebildet von $b\{010\}$ und $c\{001\}$, deren eines Kantenpaar schmal abgestumpft ist durch $k\{021\}$. An den Enden herrschen $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$ vor, während $p\{1\bar{1}1\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$ mehr untergeordnet auftreten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010)$ | $= 89^\circ\ 3'$ | — |
| $a:c = (100):(001)$ | $= 89\ 21$ | — |
| $b:c = (010):(001)$ | $= 92\ 58$ | — |
| $m:b = (110):(010)$ | $=$ — | $*67^\circ 30'$ |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0)$ | $=$ — | *43 50 |
| $m:c = (110):(001)$ | $=$ — | *90 46 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001)$ | $=$ — | *88 30 |
| $k:c = (021):(001)$ | $=$ — | *40 0 |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001)$ | $= 46\ 27$ | 46 20 |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001)$ | $= 48\ 18$ | 48 30 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; durch $b\{010\}$ sind beide Axen sichtbar; ihre Ebene bildet $5^\circ 30'$ mit $b\{010\}$ und $35^\circ$ bzw. $35^\circ 41$ mit der $a$- bzw. $c$-Axe; die 1. Mittellinie ist unter $10^\circ$ ca. geneigt gegen die Normale zu $b\{010\}$ gegen die Kante $[010:110]$ hin; $2E = 91^\circ 30'$, Dispersion ziemlich stark, $\varrho > v$; gekreuzte Dispersion.

**Nickelsilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Ni_2 \cdot 18H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}4054:1:0{,}4166$$ Wyrouboff[3]).

$$\alpha = 86^\circ 48', \qquad \beta = 91^\circ 6', \qquad \gamma = 89^\circ 32'.$$

Nach Wyrouboff (l. c. 314 bzw. 673) nach der $a$-Axe verlängerte, annähernd rectanguläre Prismen $c\{001\}$ und $b\{010\}$, deren eines Kantenpaar

schmal durch $\varkappa\{0\bar{2}1\}$ abgestumpft ist; am Ende herrschen $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$ vor, während mit kleinen Flächen $p\{1\bar{1}1\}$, $\xi\{13\bar{1}\}$ und $x\{131\}$ auftreten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | $90^\circ 32'$ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | $88\ 52$ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | $^*93^\circ 13'$ |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | $^*68\ 22$ |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | $^*44\ 13$ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | $^*90\ \ 9$ |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | $87\ 44$ | $87\ 50$ |
| $\varkappa:c = (0\bar{2}1):(001) =$ | $39\ 51$ | — |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | — | $^*46\ 46$ |
| $x:c = (131):(001) =$ | $58\ 23$ | $58\ 30$ |
| $\xi:c = (\bar{1}31):(001) =$ | $55\ 47$ | $55\ 54$ |
| $p:\varkappa = (1\bar{1}1):(0\bar{2}1) =$ | $45\ 12$ | $45\ \ 0$ |

Doppelbrechung negativ, stark; die Axenebene bildet $18^\circ$ ca. mit der Normalen zu $b\{010\}$, $38^\circ$ bzw. $53^\circ 6'$ mit der $c$- bzw. $a$-Axe; die 1. Mittellinie ist unter ca. $10^\circ$ gegen die Normale zu $b\{010\}$ geneigt gegen die Kante $[010:110]$ hin; $2E = 97^\circ 28'$, Dispersion stark, $\varrho > v$; gekreuzte Dispersion.

**Kobaltosilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Co_2 \cdot 18H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}4067:1:0{,}4055 \text{ Wyrouboff[3]}.$$
$$\alpha = 87^\circ 9', \qquad \beta = 91^\circ 8', \qquad \gamma = 89^\circ 23'.$$

Das Salz erhält man nach Wyrouboff (l. c. 312 bzw. 672) oberhalb $30^\circ$ in annähernd rectangulären, nach der $a$-Axe verlängerten Prismen $c\{001\}$ und $b\{010\}$; das eine Prismenkantenpaar ist schmal abgestumpft durch $k\{021\}$; an den Enden treten herrschend $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$, untergeordnet $p\{1\bar{1}1\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$ und $x\{131\}$ auf.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | $90^\circ 40'$ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | $88\ 50$ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | $^*92^\circ 52'$ |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | $^*68\ 26$ |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | $^*44\ 24$ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | $^*90\ \ 0$ |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | $87\ 51$ | $88\ \ 6$ |
| $k:c = (021):(001) =$ | — | $^*40\ 10$ |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | $46\ 11$ | $46\ 20$ |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001) =$ | $48\ 23$ | $48\ 24$ |
| $x:c = (131):(001) =$ | $58\ \ 3$ | $58\ 20$ |
| $\pi':b = (\bar{1}11):(010) =$ | $75\ 11$ | $75\ \ 0$ |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; die Axenebene bildet ca. $10^\circ$ mit der Normalen zu $b\{010\}$, wodurch beide Axenbilder sichtbar sind, $32^\circ$ mit der $a$-Axe und $59^\circ 8'$ mit der $c$-Axe; die 1. Mittellinie ist unter $12^\circ$ gegen die Normale zu $b\{010\}$ geneigt gegen die Kante $[010:110]$ hin; $2E = 92^\circ 50'$, Dispersion ziemlich stark, $\varrho > v$; deutliche gekreuzte Dispersion.

### Zinksilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}Zn_2 \cdot 18H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}4034 : 1 : 0{,}3911$ Wyrouboff[3]).

$\alpha = 86^\circ 6'$, $\beta = 91^\circ 26'$, $\gamma = 91^\circ 5'$.

Nach Wyrouboff (l. c. 319 bzw. 674) erhält man aus wässeriger Lösung oberhalb 25° große, annähernd rectanguläre Prismen $c\{001\}$ und $b\{010\}$, deren eines Kantenpaar schmal abgestumpft ist durch $k\{021\}$; am Ende findet sich neben $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$ untergeordnet $p\{1\bar{1}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 89° 0' | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 88 38 | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *93°50' |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *67 8 |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *44 0 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *90 10 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 87 19 | 87 35 |
| $k:c = (021):(001) =$ | — | *39 28 |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | 44 39 | 44 30 |
| $p:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 72 35 | 72 25 |

Doppelbrechung ziemlich stark; die Axenebene bildet 12° mit der Normalen zu $b\{010\}$, 37° mit der $a$-Axe und 54°46' mit der $c$-Axe; die 1. Mittellinie ist unter ca. 14° gegen die Normale zu $b\{010\}$ geneigt gegen die Kante $[010:110]$ hin; $2E = 92^\circ$, Dispersion stark, $\varrho > v$; deutliche gekreuzte Dispersion.

### Bleisilicowolframat-Henkaiikosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Pb_2 \cdot 21H_2O$.

Monoklin prismatisch (?).

$a:b:c = 1{,}7963 : 1 : 1{,}1203$; $\beta = 98^\circ 24'$ Wyrouboff[3]).

Nach Wyrouboff (l. c. 326 bzw. 675) erhält man das Salz nur aus Lösungen mit geringem Überschusse an Kieselwolframsäure; die lebhaft glänzenden Krystalle zeigen herrschend $\zeta\{33\bar{1}\}$, welches immer stark horizontal gestreift und am Ende durch große Flächen $c\{001\}$ abgegrenzt ist; während $s\{301\}$ in ziemlicher Größe als Eckenabstumpfung auftritt, sind $z\{331\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ untergeordnet. Nach der Figur Wyrouboffs scheint die Symmetrie nicht prismatisch, sondern domatisch zu sein.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 54°24' | 54°20' |
| $z:c = (331):(001) =$ | — | *71 30 |
| $\zeta:c = (\bar{3}31):(001) =$ | — | *79 12 |
| $s:c = (301):(001) =$ | — | *55 28 |
| $z:z' = (331):(\bar{3}3\bar{1}) =$ | 68 4 | 67 55 |
| $\zeta:\zeta' = (33\bar{1}):(\bar{3}31) =$ | 61 44 | 61 48 |
| $\omega:\omega' = (11\bar{1}):(\bar{1}11) =$ | 89 28 | 89 40 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; die Axenebene ist senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie nahezu senkrecht zu $s\{301\}$; Axenwinkel sehr groß.

**Cadmiumsilicomolybdat-Diskaiïkosihydrat = $Mo_{12}SiO_{40}Cd_2 \cdot 22H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,440 : 1 : 0,383$ Copaux[4]).

$\alpha = 88^\circ 46'$, $\beta = 95^\circ 18'$, $\gamma = 91^\circ 17'$.

Die von Copaux (l. c. 140) aus wässeriger Lösung erhaltenen Krystalle sind kurze, sechsseitige, nach $p\{1\bar{1}1\}$ abgeplattete Prismen $p\{1\bar{1}1\}$, $b\{010\}$, $x\{131\}$, deren vierflächige Endigungen die Formen $c\{001\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $m\{110\}$ und $\xi\{13\bar{1}\}$, letzteres mehr untergeordnet, bilden.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100) : (010)$ | $= 88^\circ 48'$ | — |
| $a : c = (100) : (001)$ | $= 84\ 44$ | — |
| $b : c = (010) : (001)$ | $= 91\ 20$ | $91^\circ\ 0'$ |
| $m : b = (110) : (010)$ | $=$ — | *65 20 |
| $m : c = (110) : (001)$ | $= 85\ 46$ | 85 30 |
| $m : x = (110) : (131)$ | $=$ — | *41 10 |
| $\pi' : b = (\bar{1}11) : (010)$ | $= 74\ 54$ | 74 50 |
| $\pi' : c = (\bar{1}11) : (001)$ | $= 45\ 54$ | 45 35 |
| $\pi' : p = (\bar{1}11) : (1\bar{1}1)$ | $=$ — | *86 40 |
| $\pi : x = (\bar{1}11) : (131)$ | $= 74\ 24$ | 74 50 |
| $x : b = (131) : (010)$ | $=$ — | *50 30 |
| $x : c = (131) : (001)$ | $= 54\ \ 2$ | 53 50 |
| $x : p = (131) : (1\bar{1}1)$ | $=$ — | *55 10 |
| $\xi : b = (13\bar{1}) : (010)$ | $= 46\ 48$ | 46 40 |

**Cadmiumsilicowolframat-Tris(?)kaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Cd_2 \cdot 23(?)H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,3784 : 1 : 0,3207$ Wyrouboff[3]).

$\alpha = 88^\circ 7'$, $\beta = 96^\circ 9'$, $\gamma = 89^\circ 41'$.

Nach Wyrouboff (l. c. 321 bzw. 675) erhält man aus salpetersaurer Lösung bei 30° kurze sechseitige Prismen $p\{1\bar{1}1\}$, $x\{131\}$, $b\{010\}$, an den Enden ungefähr gleich groß die Formen $c\{001\}$, $m\{110\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100) : (010)$ | $= 90^\circ 41'$ | — |
| $a : c = (100) : (001)$ | $= 83\ 51$ | — |
| $b : c = (010) : (001)$ | $= 91\ 57$ | — |
| $m : b = (110) : (010)$ | $= 66\ 21$ | $66^\circ\ 0'$ |
| $m : c = (110) : (001)$ | $= 84\ 42$ | — |
| $m : x = (110) : (131)$ | $=$ — | *41 44 |
| $\pi' : b = (\bar{1}11) : (010)$ | $=$ — | *73 54 |
| $\pi' : c = (\bar{1}11) : (001)$ | $= 45\ 59$ | — |
| $\pi' : p = (\bar{1}11) : (1\bar{1}1)$ | $=$ — | *86 0 |
| $\pi' : x = (\bar{1}11) : (131)$ | $= 72\ 42$ | 72 28 |
| $p : b' = (1\bar{1}1) : (0\bar{1}0)$ | $=$ — | *72 50 |
| $x : b = (131) : (010)$ | $=$ — | *51 24 |
| $x : c = (131) : (001)$ | $= 53\ 20$ | 53 26 |

**Strontiumsilicowolframat-Triskaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Sr_2 \cdot 23H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 1,0212 : 1 : 0,5947$ Wyrouboff[3]).

$\alpha = 92^\circ 46'$, $\beta = 91^\circ 16'$, $\gamma = 95^\circ 18'$.

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 273 bzw. 665) aus wässeriger Lösung um 30°, besser aus schwach salpetersaurer Lösung, in stark verkürzten sechsseitigen Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $n\{210\}$, am Ende mit $p\{1\bar{1}1\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100) : (010) =$ | — | *84° 38′ |
| $a : c = (100) : (001) =$ | 88° 28′ | — |
| $b : c = (010) : (001) =$ | 87 6 | — |
| $n : a = (210) : (100) =$ | 25 49 | 25 44 |
| $n : p = (210) : (1\bar{1}1) =$ | 78 0 | 77 50 |
| $p : a = (1\bar{1}1) : (100) =$ | — | *64 0 |
| $p : \pi' = (1\bar{1}1) : (\bar{1}11) =$ | — | *77 0 |
| $\pi : a = (1\bar{1}\bar{1}) : (100) =$ | — | *67 6 |
| $\pi' : b = (\bar{1}11) : (010) =$ | — | *62 36 |
| $\pi : n = (1\bar{1}\bar{1}) : (210) =$ | 97 42 | 98 0 |

### Calciumsilicowolframat-Tetrakaiikosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Ca_2 . 24H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 89° 8'$ ($a : c = 1 : 1{,}2523$ Wyrouboff[3]).

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 268 bzw. 664) aus wässeriger Lösung bei 45°—50° oder besser aus schwach salpetersaurer Lösung bei gewöhnlicher Temperatur in tafeligen Krystallen $c\{111\}$ mit $r\{100\}$ und $s\{11\bar{1}\}$, letzteres in weniger großer Ausbildung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r = (100) : (010) =$ | 90° 50′ | 90° 52′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *55 20 |
| $s : s = (11\bar{1}) : (1\bar{1}1) =$ | 110 5 | — |
| $s : c = (11\bar{1}) : (111) =$ | 70 55 | 71 0 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark.

### Baryumsilicomolybdat-Dis(?)kaiikosihydrat = $Mo_{12}SiO_{40}Ba_2 . 22(?)H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 88° 4'$ ($a : c = 1 : 1{,}2865$ Copaux[4]).

Dargestellt von Copaux (l. c. 136) aus wässeriger Lösung bei 30°—32° in tafeligen Krystallen $c\{111\}$ mit den Formen $r\{100\}$ und $s\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r = (100) : (010) =$ | 91° 52′ | 91° 42′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | 56 4 | 35 55 |
| $s : s = (11\bar{1}) : (1\bar{1}1) =$ | — | *110 20 |
| $s : c = (11\bar{1}) : (111) =$ | 71 24 | 71 15 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark, mit geringen optischen Anomalien.

### Baryumsilicowolframat-Tetrakaiikosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Ba_2 . 24H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 86° 26'$ ($a : c = 1 : 1{,}3407$ Marignac[1]).

Nach Marignac (l. c. 35 bzw. 178) bildet das Salz, welches bei gewöhnlicher Temperatur, nach Wyrouboff[3] (l. c. 278) genauer unterhalb 30°, aus wässeriger Lösung entsteht, oktaëderähnliche Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $s\{11\bar{1}\}$; bisweilen tritt untergeordnet $r\{100\}$ und noch seltener $a\{10\bar{1}\}$ hinzu. Nach Wyrouboff, welcher letztere Form nicht beobachtete, sind die Krystalle dreiseitige Tafeln nach $c\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | 93° 21′ | — |
| $r:c = (100):(111) =$ | 57 9 | 57° 0′ |
| $s:s = (11\bar{1}):(1\bar{1}1) =$ | — | 111 0 |
| $s:c = (11\bar{1}):(111) =$ | 72 6 | 72 4 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark (Wyrouboff).

**Calciumsilicomolybdat-Hexakaiïkosihydrat = $Mo_{12}SiO_{40}Ca_2 . 26H_2O$.**

Trigonal.

Copaux[4]) (l. c. 138) erhielt bei 20° aus wässeriger Lösung nach $c\{111\}$ tafelige Krystalle mit $r\{100\}$ und Winkeln, ganz ähnlich denen des entsprechenden $Sr$-Salzes (s. unten).

Doppelbrechung positiv, sehr schwach, bei geringer Störung des Axenbildes.

**Calciumsilicowolframat-Hepta(?)kaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Ca_2 . 27(?)H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56°42'$ ($a:c = 1:2{,}6419$ Wyrouboff[3])).

Nach Wyrouboff (l. c. 266 bzw. 664) entstehen bei tieferen Temperaturen oktaëderähnliche Krystalle $c\{111\}$ und $r\{100\}$, welche oft auch mehr tafelig nach $c\{111\}$ werden. Von Marignac (l. c. 37 bzw. 180°) aus einer Lösung von Calciumcarbonat in Kieselwolframsäure erhaltene Krystalle mit denselben Formen, welche mit 24 Mol. $H_2O$ krystallisieren sollten, sind nach Wyrouboff) identisch mit dem Salze mit 27 Mol. Krystallwasser.

| | Berechnet: | Beobachtet: Wyrouboff: | Marignac: |
|---|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0) =$ | 69° 14′ | 69° 8′ | 69° 12′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *71 51 | 71 50 |

Doppelbrechung positiv, sehr schwach.

**Strontiumsilicomolybdat-Hexakaiïkosihydrat = $Mo_{12}SiO_{40}Sr_2 . 26H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56°44'$ ($a:c = 1:2{,}639$ Copaux[4])).

Copaux (l. c. 137) erhielt beim langsamen Verdunsten der wässerigen Lösung nach $c\{111\}$ tafelige Krystalle mit $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0) =$ | 69° 16′ | 69° 15′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *71 50 |

Doppelbrechung negativ, schwach.

**Strontiumsilicowolframat-Hepta(?)kaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Sr_2 . 27(?)H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 57°30'$ ($a:c = 1:2{,}5933$ Wyrouboff[3])).

Nach Wyrouboff (l. c. 272 bzw. 665) erhält man unterhalb 30° aus wässeriger Lösung große oktaëderähnliche Krystalle $c\{111\}$ und $r\{100\}$, welche auch oft nach $c\{111\}$ tafelig sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0) =$ | 69° 34′ | 69° 22′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *71 32 |

Doppelbrechung negativ, schwach.

**Magnesiumsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Mg_2 . 27H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56^\circ 24'$ ($a : c = 1 : 2{,}6600$ Wyrouboff[3]).

Bei Temperaturen etwas unter 20° erhielt Wyrouboff (l. c. 307 bzw. 671) oktaëderähnliche oder nach $c\{111\}$ tafelige Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$ neben dem Salze mit 18 Mol. Krystallwasser.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_1 = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 6′ | 69° 8′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *71 58 |

Doppelbrechung negativ.

**Manganosilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Mn_2 . 27H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56^\circ 28'$ ($a : c = 1 : 2{,}6549$ Wyrouboff[3]).

Große Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$ von oktaëderähnlichem oder tafeligem Habitus erhielt Wyrouboff (l. c. 309 bzw. 672) aus wässeriger Lösung bei tieferen Temperaturen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_1 = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 10′ | 69° 6′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *71 56 |

**Nickelsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Ni_2 . 27H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56^\circ 44'$ ($a : c = 1 : 2{,}6392$ Wyrouboff[3]).

Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$, z. Teil oktaëderähnlich, z. Teil tafelig nach $c\{111\}$, erhielt Wyrouboff (l. c. 313 bzw. 673) aus wässeriger Lösung bei tiefer Temperatur.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_1 = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 16′ | 69° 20′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *71 50 |

Doppelbrechung negativ.

**Kobaltosilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Co_2 . 27H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56^\circ 8'$ ($a : c = 1 : 2{,}6760$ Wyrouboff[3]).

Wyrouboff (l. c. 311 bzw. 672) erhielt unterhalb 30° Krystalle mit den Formen $c\{111\}$ und $r\{100\}$, entweder tafelig nach $c\{111\}$ oder von oktaëderähnlichem Habitus.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_1 = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 0′ | 69° 0′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *72 4 |

Doppelbrechung negativ.

**Cuprisilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Cu_2 . 27H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56^\circ 14'$ ($a : c = 1 : 2{,}6706$ Wyrouboff[3]).

Große oktaëderähnliche oder tafelige Krystalle mit $c\{111\}$ und $r\{100\}$ erhält man nach Wyrouboff (l. c. 316 bzw. 673) unterhalb 40°.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_1 = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 4′ | 69° 10′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *72 2 |

Doppelbrechung negativ, schwach.

### Zinksilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Zn_2.27H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 56^\circ 54'$ ($a : c = 1 : 2{,}6279$ Wyrouboff[3])).

Das Salz bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 318 bzw. 674) von $10^\circ$—$25^\circ$ in tafeligen oder oktaëderähnlichen Krystallen der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_, = (100) : (0\bar{1}0) =$ | $69^\circ 18'$ | $69^\circ\ 0'$ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *71 46 |

Doppelbrechung negativ.

### Cadmiumsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Cd_2.27H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 57^\circ 10'$ ($a : c = 1 : 2{,}6123$ Wyrouboff[3])).

Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$ erhält man nach Wyrouboff (l. c. 320 bzw. 674) unterhalb $30^\circ$ aus der wässerigen Lösung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_, = (100) : (0\bar{1}0) =$ | $69^\circ 25'$ | $69^\circ 30'$ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *71 40 |

Doppelbrechung negativ.

### Berylliumsilicowolframat-Enneakaiïkosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Be_2.29H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 57^\circ 56'$ ($a : c = 1 : 2{,}4282$ Wyrouboff[3])).

Dicktafelige oder oktaëderähnliche Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$ erhält man nach Wyrouboff (l. c. 333 bzw. 676) oberhalb $45^\circ$ aus der wässerigen oder bei $30^\circ$ aus der schwach salpetersauren Lösung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_, = (100) : (0\bar{1}0) =$ | $70^\circ 40'$ | $70^\circ 45'$ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *71 22 |

Doppelbrechung negativ, sehr schwach.

### Kaliumbaryumsilicowolframat-Heptakaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}BaK_2.17H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}6471 : 1 : 0{,}6056$; $\beta = 98^\circ 45'$ Wyrouboff[3]).

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 279 bzw. 667) aus einer Lösung von gleichen Molekülen Kalium- und Baryumsilicowolframat in großen rectangulären Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, deren Kanten bisweilen schmal durch $l\{350\}$ abgestumpft sind; an den Enden herrschen $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ vor, während $c\{001\}$ und $q\{011\}$ selten und dann ganz untergeordnet auftreten. Die Krystalle sind immer Zwillinge nach $a\{100\}$, oft mit lamellarer Wiederholung, wodurch die Flächen von $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ eine horizontale Streifung erfahren.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *81° 15′ |
| $r : a = (101) : (100) =$ | — | *39 0 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | 47° 35′ | 47 45 |
| $q : b = (011) : (010) =$ | 59 6 | 59 17 |
| $q : a = (011) : (100) =$ | — | *82 30 |
| $q : r = (011) : (101) =$ | 50 34 | 50 30 |
| $a : l = (100) : (350) =$ | 46 49 | 47 0 |
| $r : \underline{r} = (101) : (\underline{101}) =$ | 78 0 | 78 0 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 45° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$.

### Natriumbaryumsilicowolframat-Oktokaiikosihydrat = $W_{12}SiO_{42}Ba_2Na_2 \cdot 28H_2O$.

Rhombisch?. $a:b:c = 0{,}9551 : 1 : 0{,}9833$ Marignac[1]).

Marignac (l. c. 36 bzw. 179) erhielt beim Versetzen einer heißen Lösung von Natriumsilicowolframat mit nicht zuviel Baryumchlorid und langsamem Abkühlen kleine oktaëderähnliche, aber doppeltbrechende Krystalle; die scheinbar einfache Form $o\{111\}$ war meist aus sechs Pyramiden zusammengesetzt, von denen jede in einer Oktaëderecke ihre Spitze hatte; von der Mitte der scheinbaren Oktaëderfläche aus verliefen zu den Kantenmittelpunkten drei Knickungen entsprechende Linien, in welchen je zwei Pyramidenflächen zusammenstießen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *68° 50′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *72 34 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 70° 10′ | 70 15 |

### Hydrogenindiumsilicowolframat-Ikosihydrat = $W_{12}SiO_{40}InH \cdot 20H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9552 : 1 : 0{,}6544$; $\beta = 96°32'$ Wyrouboff[9]).

Die stark salpetersaure Lösung des neutralen Salzes liefert nach Wyrouboff dicke rectanguläre Tafeln $a\{100\}$, welche von den Formen $m\{110\}$, $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ begrenzt sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *83° 28′ |
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *43 30 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *36 26 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 68° 48′ | 68 46 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 85 16 | 85 0 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; Axenwinkel sehr groß.

### Ferrisilicowolframat-Hexakontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_3Al_4 \cdot 60H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}8563 : 1 : 1{,}0658$ Wyrouboff[10]).

$\alpha = 87°44'$, $\beta = 105°11'$, $\gamma = 91°48'$.

Dieses und das entsprechende Aluminiumsalz erhält man nach Wyrouboff[3]) (l. c. 335 bzw. 676) aus salpetersaurer Lösung und zwar das Eisenoxydsalz bei 15°—20°, das Thonerdesalz bei 35°. Die l. c. zuerst irrtümlicher Weise als monoklin beschriebenen Krystalle sind nach $c\{001\}$ tafelig und zeigen noch die Formen $a\{100\}$, $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $b\{010\}$ und sehr selten $\varrho\{10\bar{1}\}$.

---

9) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1907, **30**, 281.

10) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1905, **28**, 237. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **43**, 527.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *88° 44′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *74 52 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *91 50 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 60° 40′ | 60 40 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 51 12 | — |
| $o:b = (111):(010) =$ | 60 12 | 60 16 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 42 8 | 42 12 |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | 48 55 | 48 38 |
| $p:a = (1\bar{1}1):(100) =$ | 44 7 | 44 20 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 66 13 | 66 20 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 55 1 | 55 8 |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *67 36 |
| $\pi:a = (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | — | *55 12 |
| $o:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | 59 5 | 59 4 |
| $\omega:\pi = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 73 33 | 73 36 |

**Chromisilicowolframat-Hexakontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Cr_4 \cdot 60H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,8658:1:1,0798; \quad \beta = 106^\circ 16'$ Wyrouboff[3]).

Das Salz erhält man nach Wyrouboff (l. c. 338 bzw. 676) aus salpetersaurer Lösung bei 30° in ziemlich großen, nach $c\{001\}$ dicktafeligen Krystallen mit den Formen $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $a\{100\}$, wozu in weniger großer Ausbildung $b\{010\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ treten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | 73° 44′ | 73° 40′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 61 29 | 61 18 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *49 34 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 42 46 | 42 40 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *67 40 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 55 35 | 55 40 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 59 46 | 59 40 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *74 32 |

**Galliumsilicowolframat-Hexakontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Ga_4 \cdot 60H_2O$.**

Monoklin prismatisch(?).

$a:b:c = 0,9057:1:1,1585; \quad \beta = 105^\circ 40'$ Wyrouboff[3]).

Aus den Mutterlaugen des Hydrates mit $87H_2O$ erhielt Wyrouboff (l. c. 342 bzw. 677) nach $c\{001\}$ tafelige Krystalle mit $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $a\{100\}$ und mehr untergeordnet $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *74° 20′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | 51° 0′ | 50 50 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *68 30 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | — | *55 36 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 62 54 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 77 18 | 77 0 |

**Wismutsilicowolframat-Hexakontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Bi_4 \cdot 60H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,9528:1:1,2040$ Wyrouboff[10]).

$\alpha = 90^\circ 9', \qquad \beta = 106^\circ 25', \qquad \gamma = 87^\circ 36'.$

Wyrouboff (l. c. 235 bzw. 526) erhielt aus einer mit etwas Salpetersäure versetzten Lösung von Wismutnitrat und Kieselwolframsäure unterhalb 35° annähernd rectanguläre Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Formen $b\{010\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, wozu meist noch, aber nicht immer gleichzeitig, $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$ treten.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | — | *92°29′ |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *73 34 |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | — | *90 34 |
| $\varrho':c$ | $= (\bar{1}01):(001) =$ | — | *61 54 |
| $\varrho':b$ | $= (\bar{1}01):(010) =$ | — | *88 8 |
| $\varkappa:c$ | $= (0\bar{1}1):(001) =$ | 47°48′ | — |
| $\varkappa:a$ | $= (0\bar{1}1):(100) =$ | 77 20 | 77 26 |
| $o:c$ | $= (111):(001) =$ | 49 49 | 49 44 |
| $o:a$ | $= (111):(100) =$ | 45 27 | 45 14 |
| $p:c$ | $= (1\bar{1}1):(001) =$ | 50 33 | — |
| $p:a$ | $= (1\bar{1}1):(100) =$ | 43 33 | 43 30 |
| $\omega':c$ | $= (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 68 10 | 68 20 |
| $\pi':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 69 38 | 69 34 |
| $o:p$ | $= (111):(1\bar{1}1) =$ | 64 12 | 64 22 |
| $\varrho:\omega$ | $= (10\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 40 58 | 40 54 |

Auf $c\{001\}$ ist die Auslöschungsrichtung fast genau parallel der $b$-Axe.

### Indiumsilicowolframat-Triskaihexakontahydrat $= (W_{12}SiO_{40})_3In_4 \cdot 63H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6025:1:0{,}7864 \text{ Wyrouboff}^{3)}.$$

$$\alpha = 85°10', \quad \beta = 106°3', \quad \gamma = 90°12'.$$

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 279) aus der schwach salpetersauren Lösung in kurzen Prismen $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, deren eines Kantenpaar durch $b\{010\}$ abgestumpft ist; an den Enden finden sich groß $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und untergeordnet $\varkappa\{0\bar{1}1\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 91° 7′ | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 73 54 | — |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | 94 58 | — |
| $m:\mu$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *60 20 |
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | — | *60 40 |
| $m:r$ | $= (110):(101) =$ | — | *44°26′ |
| $m:\varrho$ | $= (110):(10\bar{1}) =$ | 52 54 | 52 40 |
| $\mu:r$ | $= (1\bar{1}0):(101) =$ | — | *40 20 |
| $\mu:\varrho$ | $= (1\bar{1}0):(10\bar{1}) =$ | 48 52 | 48 48 |
| $\varrho:r$ | $= (10\bar{1}):(101) =$ | — | *74 32 |
| $\varkappa:r$ | $= (0\bar{1}1):(101) =$ | 53 6 | 53 0 |

### Aluminiumsilicowolframat-Heptakaioktokontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_3Al_4 \cdot 87H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 56°19'$ ($a:c = 1:2{,}6653$ Wyrouboff[3])).

Entsteht nach Wyrouboff (l. c. 334 bzw. 676) gegen 35° aus der wässerigen Lösung oder besser bei 18°—20° aus schwach salpetersaurer Lösung; oktaëderähnliche oder auch dicktafelige Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_{,} = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 6′ | 68° 50′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *72 0 |

Doppelbrechung negativ, schwach.

### Chromisilicowolframat-Heptakaioktokontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_3Cr_4 . 87H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 56° 29'$ ($a : c = 1 : 2,5354$ Wyrouboff[3])).

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 336 bzw. 676) über 25° neben dem Hydrat mit $93H_2O$; oktaëderähnliche oder auch tafelige Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_{,} = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 10′ | 69° 16′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *71 56 |

Von violetter Farbe. Doppelbrechung negativ, sehr schwach.

### Galliumsilicowolframat-Heptakaioktokontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_3Ga_4 . 87H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 56° 50'$ ($a : c = 1 : 2,6346$ Wyrouboff[3])).

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 341 bzw. 677) bei 20° aus salpetersaurer Lösung in oktaëderähnlichen oder tafeligen Krystallen der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_{,} = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 15′ | 69° 16′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *71 48 |

Doppelbrechung negativ, sehr schwach.

### Hydrogenlanthansilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}LaH . 18H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,4081 : 1 : 0,4420$ Wyrouboff[3]).

$\alpha = 89° 34'$, $\beta = 93° 8'$, $\gamma = 84° 29'$.

Kurze Prismen $b\{010\}$, $c\{001\}$, welche nach $b\{010\}$ abgeplattet sind und an den Enden die Formen $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $p\{1\bar{1}1\}$ und untergeordnet $\omega\{11\bar{1}\}$, zeigen; von Wyrouboff (l. c. 294 bzw. 668) unter anderer Formel beschrieben, welche aber später[10]) von ihm corrigiert wurde.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100) : (010) =$ | 95° 33′ | — |
| $a : c = (100) : (001) =$ | 86 49 | — |
| $b : c = (001) : (010) =$ | — | *90° 44′ |
| $m : b = (110) : (010) =$ | — | *71 40 |
| $m : \mu = (110) : (1\bar{1}0) =$ | 44 11 | 44 6 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *87 14 |
| $p : c = (1\bar{1}1) : (001) =$ | — | *48 40 |
| $p : b' = (1\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | — | *69 40 |
| $\omega : b = (11\bar{1}) : (010) =$ | 75 15 | — |
| $\omega : m = (11\bar{1}) : (110) =$ | 42 35 | 42 40 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene ungefähr parallel der $c$-Axe und senkrecht zu $b\{010\}$; eine Axe ist annähernd senkrecht zu $b\{010\}$,

und die 1. Mittellinie gegen die Kante [010 : 001] hin geneigt; $2H = 47^\circ 40'$, Dispersion beträchtlich, $\varrho < v$; gekreuzte Dispersion.

### Hydrogencerosilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}CeH.18H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,3922:1:0,4195 \text{ Wyrouboff}^{3)}.$$

$$\alpha = 90^\circ 43', \qquad \beta = 92^\circ 20', \qquad \gamma = 84^\circ 38'.$$

Bildet sich nach Wyrouboff (l. c. 291 bzw. 668) aus salpetersaurer Lösung bei 35° in dicken, annähernd rectangulären Prismen $b\{010\}$, $c\{001\}$, welche nach $b\{010\}$ abgeplattet sind und an den Enden $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $p\{1\bar{1}1\}$ und mehr untergeordnet $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $x\{131\}$ und $\xi\{13\bar{1}\}$ zeigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 95° 55′ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 87 9 | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *89° 32′ |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *73 20 |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *64 0 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *87 40 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 87 52 | 88 0 |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | — | *48 50 |
| $p:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 71 4 | — |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 77 41 | 77 30 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 49 29 | — |
| $\pi':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 51 5 | — |
| $\pi':b = (\bar{1}11):(010) =$ | 69 55 | 69 54 |
| $x:c = (131):(001) =$ | 56 13 | 56 14 |
| $x:b = (131):(010) =$ | 51 54 | — |
| $\xi':c = (\bar{1}\bar{3}1):(001) =$ | 59 4 | — |
| $\xi:b = (13\bar{1}):(010) =$ | 51 7 | 51 20 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene nahezu parallel der $c$-Axe und senkrecht zu $b\{010\}$; eine Axe ist fast senkrecht zu $b\{010\}$, und die 1. Mittellinie ist gegen die Kante [010 : 001] hin geneigt; $2H = 56^\circ$, Dispersion beträchtlich, $\varrho < v$; deutliche gekreuzte Dispersion.

### Hydrogendidymsilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}DiH.18H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,4003:1:0,4262 \text{ Wyrouboff}^{3)}.$$

$$\alpha = 89^\circ 58', \qquad \beta = 92^\circ 48', \qquad \gamma = 83^\circ 20'.$$

Wyrouboff (l. c. 298 bzw. 669) erhielt bei 30° aus der salpetersauren Lösung des neutralen Salzes kurze amethystfarbene Prismen $b\{010\}$, $c\{001\}$, welche nach $b\{010\}$ abgeplattet sind und an den Enden $m\{110\}$, $p\{1\bar{1}1\}$ und $x\{131\}$ zeigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | 86° 41′ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 87 11 | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *90° 20′ |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *74 4 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *87 24 |

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $p:c$ | $= (1\bar{1}1):(001) =$ | — | *48° 30′ |
| $p:b'$ | $= (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | — | *69 30 |
| $p:m$ | $= (1\bar{1}1):(110) =$ | 54° 56′ | 55 0 |
| $p:x$ | $= (1\bar{1}1):(131) =$ | 58 13 | 58 10 |
| $x:c$ | $= (131):(001) =$ | 56 32 | — |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark; Axenebene nahezu parallel der $c$-Axe und senkrecht zu $b\{010\}$; eine Axe ist fast senkrecht zu $b\{010\}$ und die 1. Mittellinie gegen die Kante [010 : 001] hin geneigt; $2E = 52°$, Dispersion stark, $\varrho < v$; gekreuzte Dispersion.

### Hydrogengadoliniumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}SiO_{40}GdH.18H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,4127:1:0,4393$ Wyrouboff [10]).

$\alpha = 89°20'$, $\beta = 92°35'$, $\gamma = 84°9'$.

Wyrouboff (l. c. 211 bzw. 523) erhielt aus der salpetersauren Lösung von Gadoliniumsilicowolframat bei 25° kurzprismatische Krystalle $c\{001\}$, $b\{010\}$, welche nach $c\{001\}$ abgeplattet waren und deren eines Kantenpaar durch $k\{021\}$ abgestumpft ist; an den Enden fanden sich $m\{110\}$, $p\{1\bar{1}1\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 95° 59′ | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 87 21 | — |
| $b:c$ | $= (001):(010) =$ | — | *90° 54′ |
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | — | *72 42 |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *87 48 |
| $p:c$ | $= (1\bar{1}1):(001) =$ | — | *48 34 |
| $p:b'$ | $= (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 69 12 | 69 14 |
| $\pi':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 51 46 | 52 0 |
| $\pi':b$ | $= (\bar{1}11):(010) =$ | 69 26 | 69 30 |
| $k:c$ | $= (021):(001) =$ | 41 49 | 41 50 |
| $p:m$ | $= (1\bar{1}1):(110) =$ | — | *56 6 |

Eine optische Axe ist nahezu senkrecht zu $b\{010\}$.

### Hydrogenyttriumsilicowolframat-24½ Hydrat = $W_{12}SiO_{40}YH.24\frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0446:1:1,4835$; $\beta = 92°4'$ Wyrouboff [10]).

Beim langsamen Erkalten der schwefelsauren Lösung von Yttriumsilicowolframat erhielt Wyrouboff (l. c. 215 bzw. 524) entweder würfelähnliche Krystalle $c\{001\}$, $m\{110\}$, welche untergeordnet $q\{011\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ zeigten, oder dreiseitige Tafeln mit herrschendem $r\{101\}$, an den Seiten mit $m\{110\}$, $c\{001\}$ und $q\{011\}$; ein Teil der Flächen des letzteren und $\varrho\{10\bar{1}\}$ treten untergeordnet auf.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:m'$ | $= (110):(\bar{1}10) =$ | — | *87° 32′ |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | — | *88 34 |
| $m:q$ | $= (110):(011) =$ | 52° 13′ | 52 14 |
| $m':q$ | $= (\bar{1}10):(011) =$ | 54 13 | 54 18 |
| $m:\varrho$ | $= (110):(10\bar{1}) =$ | 55 43 | — |
| $\varrho':c$ | $= (\bar{1}01):(001) =$ | 56 14 | 56 20 |
| $q:c$ | $= (011):(001) =$ | — | *56 0 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; Axenwinkel sehr groß.

### Hydrogenterbiumsilicowolframat-24½ Hydrat = $W_{12}SiO_{40}TbH.24\frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}0270:1:1{,}4132$; $\beta = 92^\circ 39'$ Wyrouboff[10]).

Wyrouboff (l. c. 217 bzw. 525) erhielt aus der salpetersauren Lösung von Terbiumsilicowolframat nach der $b$-Axe verlängerte, sechsseitige Prismen $c\{001\}$, $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, deren beiderseitige vierflächige Endigung die Formen $m\{110\}$ und $q\{011\}$ bildeten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *52° 16′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *55 44 |
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *88 32 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 88° 9′ | 88 12 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 56 5 | 56 0 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 54 41 | 54 44 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$.

### Hydrogenytterbiumsilicowolframat-24½ Hydrat = $W_{12}SiO_{40}YbH.24\frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}0356:1:1{,}4747$; $\beta = 92^\circ 5'$ Wyrouboff[10]).

Die salpetersaure Lösung von Ytterbiumsilicowolframat gibt nach Wyrouboff (l. c. 218 bzw. 525) beim langsamen Abkühlen dicke Tafeln $c\{001\}$, begrenzt von $m\{110\}$, untergeordnet mit $q\{011\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, oder würfelähnliche Krystalle, welche außer den genannten Formen klein noch $r\{101\}$ und $x\{112\}$ aufweisen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *56° 20′ |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *53 32 |
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *88 2 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 88° 35′ | 88 28 |
| $m:q = (110):(011) =$ | 52 28 | 52 30 |
| $m:r = (110):(101) =$ | 55 0 | 54 58 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 55 40 | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | 55 51 | 56 0 |
| $x:c = (112):(001) =$ | 44 58 | 44 58 |
| $x:x = (112):(1\bar{1}2) =$ | 61 6 | — |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$.

### Hydrogenerbiumsilicowolframat-25½ Hydrat = $W_{12}SiO_{40}ErH.25\frac{1}{2}H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 75^\circ 43'$ ($a:c = 1:1{,}7244$ Wyrouboff[10])).

Krystalle der Combination $c\{111\}$, $r\{100\}$, meist noch mit $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, erhielt Wyrouboff (l. c. 221 bzw. 526) aus Lösungen von Erbiumhydroxyd in Kieselwolframsäure, aus denen sich zunächst ein unlöslicher Niederschlag abgeschieden hatte.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0) =$ | 78° 16′ | 78° 30′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *63 20 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark, bei geringer Störung des einaxigen Bildes.

**Neodymsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Nd_4 \cdot 78H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 77^\circ 18'$ ($a : c = 1 : 1,6636$ Wyrouboff[10]).

Beobachtete Formen: $c\{111\}$ und $r\{100\}$ (Wyrouboff l. c. 207 bzw. 522).

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $r : c = (100) : (111) =$ | $*62^\circ 30'$ |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ, stark.

**Didymsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Di_4 \cdot 78H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 77^\circ 18'$ ($a : c = 1 : 1,6636$ Wyrouboff[3]).

Wyrouboff (l. c. 297 bzw. 669) erhielt aus der wässerigen Lösung oberhalb 20° nach $c\{111\}$ tafelige Krystalle, begrenzt vorherrschend von $r\{100\}$, wozu mit schmalen Flächen noch $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$ und $t\{411\}$ treten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_{,} = (100) : (0\bar{1}0) =$ | $79^\circ 38'$ | $79^\circ 36'$ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | $*62\ 30$ |
| $t : t = (411) : (141) =$ | $73\ 44$ | — |
| $r : c = (411) : (111) =$ | $43\ 51$ | $43\ 50$ |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ vollkommen.

Farbe amethystrot. Doppelbrechung negativ, ziemlich stark.

**Samariumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Sm_4 \cdot 78H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 75^\circ 43'$ ($a : c = 1 : 1,7244$ Wyrouboff[10]).

Beobachtete Formen: $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $r : c = (100) : (111) =$ | $*63^\circ 20'$ |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark, bei geringer Störung des einaxigen Bildes.

**Gadoliniumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Gd_4 \cdot 78H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 75^\circ 58'$ ($a : c = 1 : 1,7144$ Wyrouboff[10]).

Beobachtete Formen: $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $r : c = (100) : (111) =$ | $*63^\circ 12'$ |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark, bei geringer Störung des einaxigen Bildes.

**Yttriumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Y_4 \cdot 78H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 76^\circ 2'$ ($a : c = 1 : 1,7120$ Wyrouboff[10]).

Beobachtete Formen: $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $r:c = (100):(111) =$ | *63° 10′ |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark, bei starker Störung des einaxigen Bildes.

### Terbiumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Tb_4.78H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 76^\circ 14'$ ($a:c = 1:1,7043$ Wyrouboff[10])).

Nach $c\{111\}$ tafelige Krystalle mit $r\{100\}$ und $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$ aus wässeriger Lösung (l. c. 216 bzw. 524).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0) =$ | 78° 53′ | 78° 42′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *63 4 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark.

### Ytterbiumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Yb_4.78H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 76^\circ 18'$ ($a:c = 1:1,6997$ Wyrouboff[10])).

Nach Wyrouboff (l. c. 218 bzw. 525) erhält man bei gewöhnlicher Temperatur nach $c\{111\}$ tafelige Krystalle mit $r\{100\}$, wozu oft noch $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$ tritt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0) =$ | 79° 0′ | 79° 10′ |
| $r:m = (100):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *27 0 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark. Die aus der Lösung entnommenen Krystalle sind zunächst zweiaxig, werden aber rasch unter Verzwillingung einaxig.

### Isomorphe Mischung von Yttrium- und Erbiumsilicowolframat-Oktokaidekahebdomekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2(Y, Er)_4.78H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 75^\circ 38'$ ($a:c = 1:1,7282$ Wyrouboff[3])).

Nach $c\{111\}$ tafelige Krystalle mit $r\{100\}$ und $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$ aus wässeriger Lösung (l. c. 303 bzw. 670).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0) =$ | 78° 32′ | 78° 30′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *63 23 |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ sehr vollkommen.

Farbe schwach rot. Doppelbrechung negativ, ziemlich stark.

### Lanthansilicowolframat-Henogdoekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2La_4.81H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 56^\circ 44'$ ($a:c = 1:2,6392$ Wyrouboff[3])).

Tafelige oder oktaëderähnliche Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$ (l. c. 293 bzw. 668).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0) =$ | 69° 16′ | 69° 24′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | — | *71 50 |

Aus der Lösung genommen sind die Krystalle zunächst einaxig, werden aber bald zweiaxig unter Auftreten von Zwillingslamellen.

## Cerosilicowolframat-Henogdoekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Ce_4 . 81H_2O$.

### Monokline Modification.

Monoklin prismatisch (pseudotrigonal).

$a:b:c = 1,7090:1:2,6558$; $\beta = 90^\circ 20'$ Wyrouboff[3]).

Sechsseitige Tafeln nach $c\{001\}$ mit der rhomboëderähnlichen Combination $o\{111\}$ und $\sigma\{20\bar{1}\}$ aus wässeriger Lösung unterhalb 15°. Einfache Krystalle sind sehr selten; meist Zwillinge und Drillinge nach den Flächen des pseudohexagonalen Prismas 1. bzw. 2. Art, zusammengesetzt aus Sectoren, deren Grenzen den Flächen von $\{110\}$, $\{100\}$, $\{310\}$ oder $\{010\}$ parallel sind und in der Mitte einander unter 30° schneiden.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\sigma' : c = (\bar{2}01):(001) =$ | — | *72° 28′ |
| $o : c = (111):(001) =$ | — | *71 50 |
| $\sigma : o = (20\bar{1}):(111) =$ | — | *68 40 |
| $o : o_, = (111):(\bar{1}1\bar{1}) =$ | 69° 49′ | 69 40 |
| $o : \underline{o} = (111):(\underline{111}) =$ | 1 32 | 1 20 |

Doppelbrechung positiv, sehr schwach; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie ist im spitzen Winkel $\beta$ stark geneigt gegen die $c$-Axe; durch $c\{001\}$ ist ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar; Axenwinkel sehr groß.

### Trigonale Modification.

$\alpha = 56^\circ 4'$ ($a:c = 1:2,6820$) Wyrouboff[3]).

Tafelige oder oktaëderähnliche Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$ aus wässeriger Lösung oberhalb 35° (l. c. 290 bzw. 667).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_, = (100):(0\bar{1}0) =$ | 68° 58′ | 69° 10′ |
| $r : c = (100):(111) =$ | — | *72 6 |

Doppelbrechung positiv, sehr schwach.

## Didymsilicowolframat-Henogdoekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_2Di_4 . 81H_2O$.

### Monokline Modification.

Monoklin prismatisch (pseudotrigonal).

$a:b:c = 1,7000:1:2,6325$; $\beta = 90^\circ 10'$ Wyrouboff[3]).

Nach $c\{001\}$ tafelige Krystalle mit der rhomboëderähnlichen Combination $o\{111\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, aus der wässerigen Lösung unterhalb 15°; weniger häufig Zwillinge und Drillinge.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\sigma' : c = (\bar{2}01):(001) =$ | — | *72° 20′ |
| $o : c = (111):(001) =$ | — | *71 46 |
| $o : \sigma = (111):(20\bar{1}) =$ | — | *68 40 |
| $o : o_, = (111):(\bar{1}1\bar{1}) =$ | 70° 6′ | 70 14 |
| $c : \underline{c} = (001):(\underline{001}) =$ | 0 24 | 0 36 |
| $o : \underline{o} = (111):(\underline{111}) =$ | 1 52 | 1 47 |

Doppelbrechung positiv, sehr schwach; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie ist im spitzen Winkel $\beta$ stark geneigt gegen die $c$-Axe.

### Trigonale Modification.

$\alpha = 56^\circ 19'$ ($a:c = 1:2,6653$) Wyrouboff[3]).

Tafelige oder oktaëderähnliche Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$ aus wässeriger Lösung bei 15°—20° (l. c. 296 bzw. 669).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_{,} = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 4′ | 69° 6′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *72 0 |

Doppelbrechung positiv, sehr schwach.

### Samariumsilicowolframat-Henogdoekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_3Sm_4 . 81H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 56° 6'$ ($a : c = 1 : 2,6786$) Wyrouboff[10]).
Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $r : c = (100) : (111) =$ | *72° 5′ |

Doppelbrechung positiv, schwach, mit geringen optischen Anomalien.

### Gadoliniumsilicowolframat-Henogdoekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_3Gd_4 . 81H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 56° 19'$ ($a : c = 1 : 2,6653$) Wyrouboff[10]).
Beobachtete Formen: $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $r : c = (100) : (111) =$ | *72° ca. |

Deutliche Spaltbarkeit nicht beobachtet.
Doppelbrechung positiv, schwach.

### Gadoliniumsilicowolframat-Enenekontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_3Gd_4 . 90H_2O$.

Trigonal. $\alpha = 57° 0'$ ($a : c = 1 : 2,6238$) Wyrouboff[10]) (l. c. 210 bzw. 523).
Tafelige oder oktaëderähnliche Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : r_{,} = (100) : (0\bar{1}0) =$ | 69° 24′ | 69° 26′ |
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *71 44 |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark.

### Oktohydrogenthoriumsilicowolframat-Pentakaitessarakontahydrat = $(W_{12}SiO_{40})_3ThH_8 . 45H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 1,0721 : 1 : 1,1403$ Wyrouboff[3]).

$\alpha = 95° 47'$, $\beta = 95° 6'$, $\gamma = 90° 16'$.

Wyrouboff (l. c. 301 bzw. 670) erhielt aus der salpetersauren Lösung von Thoriumsilicowolframat bei ca. 30° würfelähnliche Krystalle der Combination $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, mit kleinen Flächen von $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100) : (010) =$ | — | *89° 12′ |
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *84 50 |
| $b : c = (010) : (001) =$ | — | *84 10 |
| $o : c = (111) : (001) =$ | — | *52 0 |
| $o : b = (111) : (010) =$ | — | *50 26 |
| $o : a = (111) : (100) =$ | 53° 42′ | 53 40 |

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene und 1. Mittellinie senkrecht zu $a\{100\}$; erstere bildet 19° mit der $b$-Axe und 65° 54′ mit der $c$-Axe; Axenwinkel sehr groß.

**Thoriumsilicowolframat-Heptakaikosihydrat = $W_{12}SiO_{40}Th.27H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56°19'$ ($a:c = 1:2,6653$) Wyrouboff[3]).

Große Krystalle der Combination $c\{111\}$ und $r\{100\}$ erhält man nach Wyrouboff (l. c. 300 bzw. 670), wenn man eine Lösung von äquivalenten Mengen Kieselwolframsäure und Thoriumnitrat bei 25°—30° verdunsten läßt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0)$ = | 69° 6′ | 69° 10′ |
| $r:c = (100):(111)$ = | — | *72 0 |

Doppelbrechung positiv, sehr schwach.

**Thoriumsilicowolframat-Triakontahydrat = $W_{12}SiO_{40}Th.30H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 59°30'$ ($a:c = 2,4776$) Wyrouboff[10]).

Wyrouboff (l. c. 230 bzw. 526) erhielt aus der wässerigen Lösung unterhalb 15° nach $c\{111\}$ tafelige Krystalle mit den Formen $r\{100\}$ und $s\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r_{,} = (100):(0\bar{1}0)$ = | 70° 18′ | 70° 15′ |
| $r:c = (100):(111)$ = | — | *70 44 |
| $s:s = (110):(101)$ = | 90 24 | 90 24 |
| $s:c = (110):(111)$ = | 55 2 | 55 0 |

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark, mit optischen Anomalien.

**Kaliumwolframsilicat-Enneahydrat = $SiW_{12}O_{40}K_4.9H_2O$.**

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,8243:1:1,3311$ Marignac[1]).

Die Krystalle zeigen nach Marignac (l. c. 47 bzw. 188) zwei ganz verschiedene Ausbildungsweisen, welche bisweilen neben einander aus derselben Lösung sich ausscheiden, während im allgemeinen unter anscheinend ganz gleichen Bedingungen bald Krystalle der einen, bald solche der anderen sich bilden, entweder kurze dicke Prismen $m\{110\}$ mit vorherrschendem $c\{001\}$ und untergeordnetem $r\{101\}$, oder sechseitige Täfelchen $c\{001\}$, begrenzt von $b\{010\}$ und $x\{112\}$. Bei dem geringen procentischen Betrage für je 1 Mol. $H_2O$ läßt es Marignac unentschieden, ob die Verschiedenheit der beiden Ausbildungsweisen nicht auf einer Differenz im Wassergehalte beruhe.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *79° 0′ |
| $r:c = (101):(001)$ = | 58° 14′ | 58 0 |
| $x:c = (112):(001)$ = | 46 18 | 46 30 |
| $x:b = (112):(010)$ = | 62 37 | 62 30 |
| $r:m = (101):(110)$ = | — | *49 0 |

**Natriumwolframsilicat-Dodekahydrat = $SiW_{12}O_{40}Na_4.12H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 86°50'$ ($a:c = 1:1,3277$ Marignac[1]).

Marignac (l. c. 49 bzw. 190) erhielt große Rhomboëder $r\{100\}$ mit mehr untergeordnetem $s\{110\}$ aus wässeriger Lösung, welche bis zur Syrupconsistenz eingeengt war.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010)$ = | — | *93° 0′ |
| $r:s_{,} = (100):(0\bar{1}\bar{1})$ = | 85° 39′ | 85 37 |
| $s:s = (101):(110)$ = | 63 36 | 63 20 |

### Calciumwolframsilicat-Diskaiikosihydrat = $SiW_{12}O_{40}Ca_2 \cdot 22H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,4461:1:0,5121$ Marignac[1]).

$\alpha = 86^\circ 52'$, $\beta = 119^\circ 38'$, $\gamma = 96^\circ 2'$.

Die Krystalle, welche infolge ihrer großen Löslichkeit nur aus Lösungen von Syrupconsistenz sich bilden, sind nach Marignac (l. c. 51 bzw. 193) dicke Prismen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, welche oft mehr dicktafelig nach $b\{010\}$ werden, am Ende herrschend $c\{001\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ und an der Kante $[001:010]$ etwas schmäler $t\{021\}$ zeigen. Die obigen Elemente wurden von Goßner berechnet.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 84° 50′ | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 60 31 | — |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | — | *90° 10′ |
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | — | *64 20 |
| $\mu:b'$ | $= (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | — | *73 20 |
| $t:c$ | $= (021):(001) =$ | 42 7 | 42 0 |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | 63 37 | 63 50 |
| $\mu:c$ | $= (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *61 40 |
| $\omega':c$ | $= (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | — | *69 30 |
| $t:m$ | $= (021):(110) =$ | 51 37 | 52 6 |
| $t:\mu$ | $= (021):(1\bar{1}0) =$ | 80 46 | 81 10 |
| $t:\omega$ | $= (021):(11\bar{1}) =$ | 87 26 | 87 10 |

### Dihydroxypentacalciumwolframsilicat-Enneakaitessarakontahydrat = $(SiW_{12}O_{40})_2Ca_5(OH)_2 \cdot 49H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,5917:1:0,8627$ Marignac[1]).

$\alpha = 101^\circ 6'$, $\beta = 102^\circ 34'$, $\gamma = 99^\circ 24'$.

Marignac (l. c. 52 bzw. 194) konnte Krystalle dieses Salzes in stark verkürzten, sechsseitigen Prismen $b\{010\}$, $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$, an deren Ende herrschend $c\{001\}$, mehr untergeordnet $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$ auftraten, nur einmal erhalten und läßt die Zusammensetzung zweifelhaft, da die Darstellung nicht beliebig wiederholt werden konnte. Die obigen Elemente sind von Goßner berechnet.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | 80° 21′ | — |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 77 15 | — |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | — | *79° 0′ |
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | 51 9 | 51 0 |
| $m:\mu$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | 63 48 | 63 50 |
| $\omega:b$ | $= (11\bar{1}):(010) =$ | — | *66 46 |
| $\omega':c$ | $= (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 56 39 | 56 40 |
| $\omega:\mu$ | $= (11\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 72 52 | 73 12 |
| $\pi':b$ | $= (\bar{1}11):(010) =$ | — | *63 0 |
| $\pi':c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | — | *46 10 |
| $\pi:m$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(110) =$ | 84 19 | — |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | 73 23 | 73 20 |
| $\mu:c$ | $= (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *83 30 |

**Aluminiumwolframsilicat-Henkaiogdoekontahydrat =**
**$(SiW_{12}O_{40})_2Al_4 . 81H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,509:1:1,790$ Marignac[1].

$\alpha = 96^\circ 44'$, $\beta = 121^\circ 57'$, $\gamma = 75^\circ 14'$.

Eine Lösung von Thonerdehydrat in Wolframkieselsäure gibt nach Marignac (l. c. 54 bzw. 195) beim Einengen bis zur Syrupconsistenz kurze Prismen $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$, deren Kanten öfters noch durch $a\{100\}$ und $b\{010\}$ abgestumpft sein können; am Ende tritt herrschend $c\{001\}$, mehr untergeordnet $\varrho\{10\bar{1}\}$ und oft noch $\xi\{11\bar{2}\}$ auf. Sehr häufig sind Zwillinge nach $\mu\{1\bar{1}0\}$. Elemente berechnet von Goßner.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:c = (010):(001)$ | $= 88^\circ 47'$ | — |
| $a:c = (100):(001)$ | = — | $*58^\circ 40'$ |
| $m:a = (110):(100)$ | = — | *60 40 |
| $m:b = (110):(010)$ | = 42 32 | 42 30 |
| $m:\mu' = (110):(\bar{1}10)$ | = — | *75 12 |
| $m:c = (110):(001)$ | = 70 0 | 70 0 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001)$ | = — | *72 20 |
| $\xi':c = (\bar{1}\bar{1}2):(001)$ | = 49 40 | 50 0 |
| $\xi:b = (11\bar{2}):(010)$ | = 51 52 | 51 50 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ | = — | *70 36 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110)$ | = 76 39 | 76 20 |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | = 58 50 | 59 10 |
| $\varrho:\xi = (10\bar{1}):(11\bar{2})$ | = 60 22 | 60 40 |
| $\xi:\mu = (11\bar{2}):(1\bar{1}0)$ | = 60 48 | — |

## Thiomolybdate und -wolframate und deren Verbindungen mit Nitraten.

Hier liegt zunächst eine wohldefinierte isomorphe Gruppe vor, nämlich die rhombisch krystallisierenden Salze: **Kalium- und Ammoniumthiomolybdat** $= MoS_4K_2$ und $MoS_4(NH_4)_2$ einerseits, **Kalium- und Ammoniumthiowolframat** $= WS_4K_2$ und $WS_4(NH_4)_2$ andererseits; die Krystallformen dieser Körper können insofern als pseudohexagonal betrachtet werden, als die Formen $r$ und $b$ bzw. $o$ und $q$ einer hexagonalen Combination von Prisma und Bipyramide sehr nahe stehen, und wenn man die pseudohexagonale Axe $a$ als $c$-Axe annimmt (wie es Rammelsberg für $MoS_4K_2$ getan hat), so sind die Parameterverhältnisse dieser Salze sehr ähnlich denen der Alkalisulfatgruppe $SO_4K_2$ usw., welcher nach S. 326 und 327 auch die entsprechenden Sauerstoffverbindungen $MoO_4K_2$, $MoO_4(NH_4)_2$ bzw. $WO_4K_2$ und $WO_4(NH_4)_2$ angehören. Ein Unterschied tritt jedoch schon in der Ausbildung der Krystalle hervor, indem die Sulfosalze niemals einen hexagonalen Habitus zeigen, noch mehr aber in dem Fehlen der für die Oxosalze jener Gruppe so charakteristischen Zwillings- und Drillingsbildung nach dem pseudohexagonalen Prisma. Um nachzuweisen, daß zwischen den Sauerstoff- und den Schwefelverbindungen keine Isomorphie existiere, hat Retgers[1])

---

[1]) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1892, 10, 548. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 24, 419.

Mischungsversuche angestellt, und zwar hat er, da solche von Sulfomolybdaten und -wolframaten mit den entsprechenden Sauerstoffverbindungen wegen gegenseitiger Zersetzung nicht möglich sind, Mischungen mit Sulfaten darzustellen versucht, wozu sich besonders die tiefroten, fast undurchsichtigen Thiomolybdate eignen; es ergab sich, daß aus gemischten Lösungen von $MoS_4K_2$ mit $SO_4K_2$, ebenso von $MoS_4(NH_4)_2$ mit $SO_4(NH_4)_2$, sich die dunkel rubinroten Prismen des Molybdates und die vollkommen farblosen Krystalle des Sulfates getrennt neben einander ausscheiden. Da, trotzdem eine isomorphe Mischbarkeit nicht vorhanden ist, eine krystallographische Verwandtschaft beider Reihen von Salzen unverkennbar ist, könnte dieses negative Resultat auch auf einer sehr großen Verschiedenheit der Äquivalentvolumina beruhen, für deren Berechnung aber vorläufig die Bestimmungen der specifischen Gewichte fehlen.

Außer den normalen Thiowolframaten (nach Krüss' Bezeichnung) ist auch ein intermediäres Salz gemessen worden, in welchem nur die Hälfte der Sauerstoffatome durch Schwefel ersetzt ist, das trikline **Ammoniumoxythiowolframat** (Ammoniumdisulfowolframat) $= WO_2S_2(NH_4)_2$, dessen Axenverhältnis $a:b$ dem des Thiowolframates sehr nahe steht, welches sich aber durch Form, Spaltbarkeit und Zwillingsbildung wesentlich unterscheidet.

Endlich existiert noch eine rhombisch krystallisierende Verbindung **Kaliumthiowolframat-Di-Kaliumnitrat** $= WS_4K_2.2NO_3K$, welche auffallenderweise ebenfalls fast genau das gleiche Axenverhältnis $a:b$ besitzt, wie das Kaliumthiowolframat selbst. Eine erneute Untersuchung dieser Körper wäre erwünscht.

### Kaliumthiomolybdat $= MoS_4K_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7651:1:0{,}5721$ Rammelsberg[2]).

Rammelsberg beschrieb die Krystalle als Combinationen von $a\{100\}$ mit $b\{010\}$, $r\{011\}$ und schmalen Flächen von $p\{110\}$ und $q\{120\}$. Haushofer[3]) beobachtete an den von Krüss dargestellten Präparaten dünne Tafeln nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $p\{110\}$, $b\{010\}$, $r\{011\}$ und sehr schmal $o\{111\}$; seine Krystalle waren nicht so gut meßbar, wie die des Ammoniumsalzes.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Haushofer: |
|---|---|---|---|
| $p:a = (110):(100) =$ | $37^\circ 25'$ | $37^\circ 20'$ | $37^\circ 55'$ ca. |
| $q:a = (120):(100) =$ | — | *56 50 | — |
| $r:r = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *59 33 | 59 1 ca. |
| $r:p = (011):(110) =$ | 80 23 | — | — |
| $r:q = (011):(120) =$ | 65 26 | 65 15 | — |

### Ammoniumthiomolybdat $= MoS_4(NH_4)_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7846:1:0{,}5692$ Haushofer[3]).

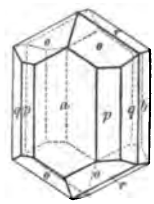
2) Rammelsberg, Handb. d. physikal.-krystall. Chemie, Leipzig 1881, 1, 608.

3) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1884, 8, 379.

Das ebenfalls von Krüss[4]) dargestellte Salz bildet nach Haushofer dünne tafelförmige, bis 3 cm große Krystalle der Combination (Fig. 780): $a\{100\}$, $o\{111\}$, $p\{110\}$, $q\{120\}$, $b\{010\}$, $r\{011\}$. $a\{100\}$ zeigt meistens eine feine verticale Streifung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:a = (110):(100) =$ | — | *38° 7′ |
| $r:r = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *59 18 |
| $q:a = (120):(100) =$ | 57°29′ | 57 30 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 57 44 | 57 40 |

Fig. 780.



Körperfarbe blutrot mit kaum bemerkbarem Pleochroïsmus; die metallische Oberflächenfarbe wird an der Luft bald dunkelviolett.

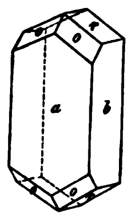
## Kaliumthiowolframat = $WS_4K_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,7495:1:0,5665$ Kalkowsky[5]).

Dargestellt von Corleis[6]). Kleine, dünn prismatische Krystalle (Fig. 781) mit den Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $r\{011\}$, $o\{111\}$ (oft unvollzählig), mit vereinzelten Flächen von $p\{110\}$ und $q\{120\}$; Durchkreuzungszwillinge, wahrscheinlich nach $\{111\}$. Nicht sehr genau meßbar.

Fig. 781.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:a = (110):(100) =$ | 36°51′ | 37°51′ |
| $q:a = (120):(100) =$ | 56 18 | 56 50 |
| $r:r = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *59 4 |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *56 40 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ unvollkommen.
Ebene der optischen Axen $a\{100\}$. Farbe hell orange.

## Ammoniumthiowolframat = $WS_4(NH_4)_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,7783:1:0,5675$ Vater[7]).

Dieses ebenso, wie das vorige, von Corleis[6]) dargestellte Salz bildet nach Vater entweder tafelförmige (Fig. 780) oder prismatische (Fig. 781) Combinationen von $a\{100\}$, $b\{010\}$, $r\{011\}$, $o\{111\}$, seltener auch $p\{110\}$ und $q\{120\}$; die Formen sind oft mit unvollzähligen Flächen, wie z. B. $o$ in Fig. 781, ausgebildet, aber ohne bestimmte Gesetzmäßigkeit.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:a = (110):(100) =$ | 37° 53½′ | 37° 58½′ |
| $q:a = (120):(100) =$ | 57 17 | 57 14 |
| $r:r = (011):(0\bar{1}1) =$ | 59 9 | 59 13 |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *57 37 |
| $o:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *49 16 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich.

4) Krüss, Ber. d. d. chem. Ges. 1883, 16, 2049. S. auch Ann. d. Chemie 1884, 225, 1 f.
5) Kalkowsky, Zeitschr. f. Krystall. 1888, 18, 32.
6) Corleis, Ann. d. Chemie 1886, 232, 268.
7) Vater, Zeitschr. f. Krystall. 1885, 10, 392.

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$; 1. Mittellinie Axe $c$.

Farbe hell orange mit metallischem Oberflächenschiller. Die Krystalle nehmen schon bei einem geringen Gehalte an dem entsprechenden Thiomolybdate eine tiefrote Färbung an.

**Ammoniumoxythiowolframat** (Ammoniumdisulfowolframat) $= WO_2S_2(NH_4)_2$.

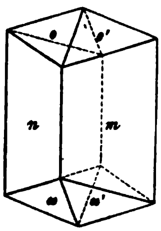
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,760:1:0,339 \text{ Kalkowsky[5]).}$$

$$\alpha = 90^\circ \text{ ca.}, \qquad \beta = 92^\circ 10', \qquad \gamma = 90^\circ \text{ ca.}$$

Die von Corleis[6]) (l. c. 256) dargestellten kleinen, kurzprismatischen Krystalle (Fig. 782) zeigen die Formen: $m\{110\}$, $n\{1\bar{1}0\}$, $o\{2\bar{1}1\}$, $o'\{211\}$, $\omega\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\omega'\{21\bar{1}\}$ und sind zuweilen nach $b\{010\}$ lamellar zusammengesetzte Zwillinge; da die Flächen meist unvollkommen beschaffen sind, so konnten einigermaßen brauchbare Messungen nur an den Spaltungsflächen $r$ und $\sigma$ gewonnen werden Kalkowsky (l. c. 31).

Fig. 782.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:n = (110):(1\bar{1}0) =$ | 74°27′ | 71°41′ |
| $r:\sigma = (011):(0\bar{2}1) =$ | 52 41 | 54 7 |
| $o':\sigma = (211):(0\bar{2}1) =$ | 116 51 | 113 49 |
| $o:\omega = (2\bar{1}1):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *99 36 |
| $o:r = (2\bar{1}1):(011) =$ | — | *131 24 |
| $\omega:\omega' = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *28 54 |

Spaltbarkeit nach $r\{011\}$ und $\sigma\{0\bar{2}1\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung sehr stark; Ebene der optischen Axen nahezu parallel $a\{100\}$; ein Schliff senkrecht zur $c$-Axe zeigt ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes.

**Kaliumthiowolframat-Di-Kaliumnitrat** $= WS_4K_2 . 2NO_3K$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,7475:1:0,7938 \text{ Nordenskiöld[8]).}$$

Die aus der Sammlung von Berzelius stammenden rubinroten Krystalle sind nach Nordenskiöld Bipyramiden $o\{111\}$ mit den untergeordneten Formen: $m\{110\}$, $q\{011\}$ und $b\{010\}$.

$$o:m = (111):(110) = {}^*37^\circ\ 1' \text{ beob.}$$
$$o:o' = (111):(\bar{1}11) = {}^*79\ 31 \quad »$$

# Polythionate und Salze der Sulfonsäuren.

## Thiosulfate und deren Verbindungen mit Halogeniden.

Wasserfreies unterschwefeligsaures (dithionigsaures) Kalium (Kaliumhyposulfit) ist noch nicht dargestellt worden, dagegen erhielten Fock und Klüß[1]) das Doppelsalz **Kaliumammoniumthiosulfat** $= S_2O_3(NH_4)K$; dasselbe krystallisiert monoklin, wie **Ammoniumthiosulfat** $= S_2O_3(NH_4)_2$,

8) Nordenskiöld, Bihang t. Sv. K. Vet.-Akad. Handl. Stockholm 1874, 2, Nr. 2, 8.

1) Fock und Klüß, Ber. d. d. chem. Ges. 1890, 23, 536.

welches in der hier adoptierten Stellung der Krystalle sich auf sehr ähnliche Elemente zurückführen läßt; Fock läßt es unentschieden, ob das erstere Salz eine isomorphe Mischung oder ein Doppelsalz sei, und beabsichtigte eine weitere Untersuchung dieser Frage, die jedoch nicht erfolgt ist. Den geringsten Wassergehalt unter den Salzen der einwertigen Metalle hat **Kaliumthiosulfat-$\frac{1}{3}$-Hydrat** $= S_2O_3K_2.\frac{1}{3}H_2O$, dessen monokline Krystallform in einer Zone mit dem wasserfreien Ammoniumsalze Winkelähnlichkeit ($m\{110\}$ mit $q\{021\}$, welches deshalb von Fock ebenfalls als $\{110\}$ angenommen wurde), sonst aber recht verschiedene Formen zeigt. Von Verbindungen mit 1 Mol. $H_2O$ ist nur das monokline Doppelsalz **Natriumsilberthiosulfat-Monohydrat** $= S_2O_3AgNa.H_2O$ gemessen worden. Ein zweites Hydrat des Kaliumsalzes: **Kaliumthiosulfat-1$\frac{2}{3}$-Hydrat** $= S_2O_3K_2.1\frac{2}{3}H_2O$ ist von Interesse durch seine rhombisch-pyramidale Symmetrie. Die gewöhnliche Form des Natriumhyposulfites, welche sich aus wässeriger Lösung bildet, ist **Natriumthiosulfat-Pentahydrat** $= S_2O_3Na_2.5H_2O$, welches leicht in großen, monoklinen Krystallen zu erhalten ist; nach Parmentier und Amat[2]) bilden sich in einer stark abgekühlten, übersättigten Lösung dünne Nadeln von niedrigerem Schmelzpunkte, welche sich an der Luft rasch in die gewöhnliche Modification umwandeln; dieselben rufen in einer gesättigten Lösung ebenfalls die Krystallisation der labilen Form hervor. Endlich wird noch eine ganze Reihe wasserhaltiger Verbindungen von Natrium- und Cuprothiosulfat in verschiedenen Verhältnissen angegeben; ob diese, wie vermutet worden ist, isomorphe Mischungen darstellen, ist mangels einer krystallographischen Untersuchung derselben nicht festzustellen. Dagegen wurde eine tetragonal krystallisierende Ammoniakverbindung eines Tripelsalzes gemessen: **Hexammin-Natriumcuprosilberthiosulfat** $= (S_2O_3)_8Ag_4Cu_2Na_{10}.6NH_3$.

Von Verbindungen der Hyposulfite einwertiger Metalle und des Ammoniums mit Halogeniden ist die folgende isomorphe Gruppe tetragonal skalenoëdrisch krystallisierender Körper bekannt: **Ammoniumthiosulfat-Cuprochlorid-Ammoniumchlorid** $= 4S_2O_3(NH_4)_2.CuCl.NH_4Cl$, **Ammonium-thiosulfat-Cuprobromid-Ammoniumbromid** $= 4S_2O_3(NH_4)_2.CuBr.NH_4Br$, **Ammoniumthiosulfat-Cuprojodid-Ammoniumjodid** $= 4S_2O_3(NH_4)_2.CuJ.NH_4J$, **Ammoniumthiosulfat-Silberchlorid-Ammoniumchlorid** $= 4S_2O_3(NH_4)_2.AgCl.NH_4Cl$ und **Ammoniumthiosulfat-Silberbromid-Ammoniumbromid** $= 4S_2O_3(NH_4)_2.AgBr.NH_4Br$. Ebenfalls tetragonal, aber mit anderen Elementen und höherer Symmetrie, krystallisiert **Kalium-thiosulfat-Mercuricyanid-Monohydrat** $= S_2O_3K_2.Hg(CN)_2.H_2O$.

Die gemessenen unterschwefeligsauren Salze zweiwertiger Metalle sind sämtlich wasserhaltig. **Strontiumthiosulfat-Monohydrat** $= S_2O_3Sr.H_2O$ krystallisiert monoklin, **Baryumthiosulfat-Monohydrat** $= S_2O_3Ba.H_2O$ rhombisch, aber mit sehr ähnlichen Elementen und auffallend ähnlichen

2) Parmentier und Amat, Compt. rend. 1884, 98, 735.

Formen; es scheint, daß hier eine pseudoïsodimorphe Gruppe vorliegt, deren beide Modificationen im Verhältnisse der Polysymmetrie stehen. Das monokline **Cadmiumthiosulfat-Dihydrat** $= S_2O_3Cd.2H_2O$ konnte bisher nur unvollständig gemessen werden. **Ferrothiosulfat-Pentahydrat** $= S_2O_3Fe.5H_2O$ krystallisiert triklin, wie das mit dem Kupfervitriol isomorphe $SO_4Fe.5H_2O$, zeigt aber keine Ähnlichkeit mit letzterem, woraus zu schließen ist, daß die Ersetzung eines Sauerstoffatoms durch ein Schwefelatom eine tiefgreifende Änderung der Krystallstructur bewirkt. Entsprechend der Erfahrung, daß die Metalle $Mg$, $Fe$ usw. einerseits und $Sr$, $Ba$ andererseits einander im Allgemeinen nicht isomorph ersetzen, bietet auch das monokline **Strontiumthiosulfat-Pentahydrat** $= S_2O_3Sr.5H_2O$ keine krystallographischen Beziehungen zu dem analog zusammengesetzten Ferrosalze dar. Von den Verbindungen mit 6 Mol. $H_2O$ krystallisieren **Magnesium-** und **Nickelthiosulfat-Hexahydrat** $= S_2O_3Mg.6H_2O$ und $S_2O_3Ni.6H_2O$ rhombisch und sind isomorph, **Calciumthiosulfat-Hexahydrat** $= S_2O_3Ca.6H_2O$ dagegen triklin (asymmetrisch), endlich **Kobaltothiosulfat-Hexahydrat** $= S_2O_3Co.6H_2O$ ebenfalls triklin, aber ohne erkennbare Ähnlichkeit der Winkel mit dem Calciumsalze und ohne die für letzteres charakteristische Spaltbarkeit.

Unter den gemessenen wasserfreien Doppelsalzen der unterschwefeligen Säure hat nur eines die normale Zusammensetzung einer Verbindung gleicher Moleküle der beiden Componenten, das monokline **Ammoniumcadmiumthiosulfat** $= (S_2O_3)_2Cd(NH_4)_2$, während zwei andere nach einer complicierteren Formel zusammengesetzt sind, nämlich **Pentakaliumtricadmiumthiosulfat** $= (S_2O_3)_8Cd_3K_{10}$ und **Pentakaliumtrimercurithiosulfat** $= (S_2O_3)_8Hg_3K_{10}$; für diese beiden Körper wäre Isomorphie zu erwarten, und beide krystallisieren monoklin mit ähnlichem Habitus, übereinstimmendem $\beta$ und Axenverhältnis $b:c$ (wenn die Form $x$ des zweiten als $\{111\}$ angenommen wird), differieren aber in den übrigen Winkeln und in den Cohäsionsverhältnissen derart, daß ohne weitere Untersuchungen ihre Isomorphie nicht angenommen werden kann. Verbindungen mit 1 Mol. Krystallwasser sind die beiden folgenden, verschieden zusammengesetzten und daher nicht in krystallographischen Beziehungen zu einander stehenden Doppelsalze: **Pentakaliummercurithiosulfat-Monohydrat** $= (S_2O_3)_6HgK_{10}.H_2O$, triklin, und **Triammoniumcadmiumthiosulfat-Monohydrat** $= (S_2O_3)_4Cd(NH_4)_6.H_2O$, rhombisch. Das analoge **Trikaliumcadmiumthiosulfat-Dihydrat** $= (S_2O_3)_4CdK_6.2H_2O$ krystallisiert seines anderen Wassergehaltes wegen natürlich verschieden und zwar monoklin; eine auffallende Ähnlichkeit mit ihm zeigt in seiner Krystallform das ebenfalls monokline **Trikaliumcalciumthiosulfat**, welchem aber nach den vorhandenen directen Wasserbestimmungen die Formel $(S_2O_3)_4CaK_6.2\frac{2}{3}H_2O$ zukommt. Verbindungen mit 3 Mol. $H_2O$ sind drei bekannt: **Trinatriumcadmiumthiosulfat-Trihydrat** $= (S_2O_3)_4CdNa_6.3H_2O$, dessen trikline Form nur unvollständig bestimmt werden konnte, **Triammoniumcadmiumthiosulfat-Tri-**

**hydrat** = $(S_2O_3)_4Cd(NH_4)_6 . 3H_2O$ und **Trikaliummercurithiosulfat-Trihydrat** = $(S_2O_3)_4HgK_6 . 3H_2O$; die beiden letzteren krystallisieren zwar beide monoklin, zeigen aber doch zu große Verschiedenheiten, um sie ohne weitere, namentlich auf eventuelle Mischungen gerichtete Untersuchungen als isomorph zu betrachten; daß auch das erste Salz keine krystallochemischen Beziehungen zu ihnen erkennen läßt, entspricht der auch sonst beobachteten Abweichung der Salze des Natriums von denen des Kaliums und Ammoniums. Die beiden sich leicht bildenden, beständigen Doppelsalze **Kalium- und Ammoniummagnesiumthiosulfat-Hexahydrat** = $(S_2O_3)_2MgK_2 . 6H_2O$ und $(S_2O_3)_2Mg(NH_4)_2 . 6H_2O$ entsprechen in ihrer Zusammensetzung vollkommen den bekannten monoklinen Doppelsulfaten und krystallisieren auch monoklin, aber nicht übereinstimmend, so daß hier wahrscheinlich eine isodimorphe Gruppe vorliegt, was leicht durch Mischungsversuche zu entscheiden wäre; ferner zeigt das Ammoniumsalz mit $(SO_4)_2Mg(NH_4)_2 . 6H_2O$ (S. 513) eine gewisse Ähnlichkeit des Wertes von $\beta$ und des Axenverhältnisses $a:c$, wenn man dasjenige des Thiosulfates halb so groß annimmt, wodurch aber die Symbole der Formen complicierter werden; da außerdem auch die Ausbildung der Formen eine wesentlich abweichende ist, so scheint auch hier die Ersetzung von $O$ durch $S$ eine wesentliche Änderung der Krystallstructur hervorgebracht zu haben. Das S. 666 bei den Trihydraten erwähnte Natriumcadmium-Doppelsalz bildet noch eine wasserreichere Verbindung: **Trinatriumcadmiumthiosulfat-Hexakaidekahydrat** = $(S_2O_3)_4CdNa_6 . 16H_2O$, welche monoklin krystallisiert.

Endlich wurden noch zwei Doppelsalze von unterschwefeligsaurem Baryum und Cadmium gemessen: **Tribaryumcadmiumthiosulfat-Oktohydrat** = $(S_2O_3)_4CdBa_3 . 8H_2O$ und **Dibaryumcadmiumthiosulfat-Oktohydrat** = $(S_2O_3)_3CdBa_2 . 8H_2O$; beide krystallisieren triklin, natürlich mit verschiedenen Elementen.

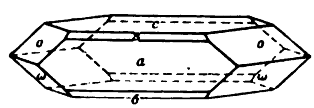
### Kaliumammoniumthiosulfat = $S_2O_3(NH_4)K$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3547:1:0,8521$; $\beta = 90°21'$ Fock[1]).

Fock und Klüß[1]) erhielten das Doppelsalz aus einer Lösung äquivalenter Mengen der Componenten, z. Teil mit beigemengtem Ammoniumthiosulfat; die Krystalle zeigen die Combination (Fig. 783): $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $s\{301\}$, $\sigma\{30\bar{1}\}$, sowie andere nicht bestimmbare Formen und sind fast ausnahmslos Zwillinge nach $c\{001\}$. Wegen vielfacher, wohl mit der Zwillingsbildung zusammenhängender Knickung der Flächen nur approximativ meßbar.

Fig. 783.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *89° 39' |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *46 33 |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *64 12 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $s:a = (301):(100) =$ | $27°51'$ | $27°\ 0'$ ca. |
| $\sigma:a = (30\bar{1}):(100) =$ | $28\ \ 0$ | $27\ 30$ » |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | $46\ 46$ | $46\ 50$ » |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | $64\ 38$ | $64\ \ 0$ » |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | $71\ 27$ | — |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

## Ammoniumthiosulfat = $S_2O_3(NH_4)_2$.

Spec. Gew. 1,679 Wyrouboff[3]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,3575:1:0,7839;\quad \beta = 94°34'\ \text{Fock}^{4)}.$$

Die von Fock und Klüß[4]) beim Verdunsten über Schwefelsäure erhaltenen Krystalle sind nach Ersterem tafelförmig nach $a\{100\}$ und nach der $b$-Axe verlängert; in der Zone [010] treten außer $a\{100\}$ noch auf $\tau\{40\bar{1}\}$ (manchmal nach $c$ am meisten vorherrschend) und $t\{401\}$, als Endflächen $q\{021\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$ u. a. wegen ihrer Krümmung nicht meßbare Prismen 4. Art; auch die Flächen von $t\{401\}$ und $\tau\{40\bar{1}\}$ sind gerundet. Nicht selten Zwillinge nach $a\{100\}$. Wyrouboff untersuchte käufliche Krystalle, große dünne Tafeln nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $x\{221\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$, $q\{021\}$, stets Zwillinge, deren vorherrschende Flächen $a\underline{a}$ in eine Ebene fallen und welche mit einer dazu senkrechten Ebene der Zone [100, 021] verwachsen sind.

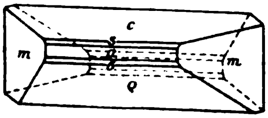
| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *85°26′ | (85°25′ ber.) |
| $q:q = (021):(0\bar{2}1) =$ | — | *65 14 | 65 6 |
| $q:a = (021):(100) =$ | 87°32′ | 87 23 | 87 32 |
| $\xi:a = (22\bar{1}):(100) =$ | — | *59 53 | 59 43 |
| $\xi:\xi = (22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1}) =$ | 94 20 | — | — |
| $\xi':c = (\bar{2}21):(001) =$ | 65 6 | 65 13 | — |
| $t:a = (401):(100) =$ | 22 38 | 23 0 ca. | — |
| $\tau:a = (40\bar{1}):(100) =$ | 25 5 | 25 0 » | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ ziemlich vollkommen (Fock).

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, durch $a\{100\}$ ein Axenbild 27° zur Normale geneigt sichtbar (Fock). In den von Wyrouboff beschriebenen Zwillingen liegen diese Axenbilder für beide Krystalle unsymmetrisch zur Verwachsungsfläche.

## Kaliumthiosulfat-½-Hydrat = $S_2O_3K_2 \cdot \frac{1}{2}H_2O$.

Fig. 784.




Spec. Gew. 2,230 Wyrouboff[3]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,5517:1:1,2142;\quad \beta = 98°40'\ \text{Fock}^{4)}.$$

Dieses Hydrat bildet sich bei gewöhnlicher Temperatur, nach Wyrouboff (l. c. 154) auch noch bei 30°, in großen Krystallen, an denen Fock (l. c. 3096) die Combination Fig. 784 beobachtete:

3) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 156. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 271.

4) Fock u. Klüß, Ber. d. d. chem. Ges. 1889, **22**, 3099.

*c*{001}, *ϱ*{10$\bar{1}$}, zuweilen auch ersteres vorherrschend, *m*{110}, *a*{100}, selten und untergeordnet *s*{201} und *σ*{20$\bar{1}$}. Die von Wyrouboff untersuchten Krystalle waren meist dünntafelig nach *c* mit den schmalen Randflächen *ϱ*, *σ*, *a*, *s* und *m* und ebenfalls nach der *b*-Axe verlängert.

| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Wyrouboff: |
|---|---|---|---|
| *a* : *c* = (100) : (001) = | — | *81° 20′ | 82° 0′ |
| *m* : *m′* = (110) : ($\bar{1}$10) = | — | *66 12 | 66 8 |
| *m* : *c* = (110) : (001) = | 85° 17′ | 85 20 | 85 20 |
| *ϱ′* : *c* = ($\bar{1}$01) : (001) = | — | *41 15 | 42 45 |
| *ϱ* : *m* = (10$\bar{1}$) : (110) = | 72 54 | 72 46 | 71 46 |
| *s* : *a* = (201) : (100) = | 29 57 | 29 30 ca. | 29 0 ca. |
| *σ* : *a* = (20$\bar{1}$) : (100) = | 34 58 | 34 30 » | 33 0 |
| *s* : *m* = (201) : (110) = | 61 46 | — | — |
| *σ* : *m* = (20$\bar{1}$) : (110) = | 63 25 | 64 0 » | — |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu *b*{010}; durch *c*{001} beide Axenbilder am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar (Wyrouboff).

### Natriumsilberthiosulfat-Monohydrat = $S_2O_3AgNa.H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}6324:1:0{,}5716;\quad \beta = 90^\circ 37' \text{ Schmidt}^{5)}.$$

Dargestellt von Schwicker[6]; wasserhelle, aber allmählich sich bräunende Tafeln nach *b*{010}, combiniert mit *ϱ*{10$\bar{1}$}, *r*{101}, *m*{110}, *q*{011}, *k*{021}, *ξ*{12$\bar{1}$}, *x*{121}; meist Zwillinge nach *a*{100}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *x* : *b* = (121) : (010) = | — | *49° 51′ |
| *k* : *b* = (021) : (010) = | 41° 11′ | 41 12 |
| *q* : *b* = (011) : (010) = | 60 15 | 59 54 |
| *ξ* : *b* = (12$\bar{1}$) : (010) = | 49 33 | 49 39 |
| *m* : *b* = (110) : (010) = | 57 42 | 57 23 |
| *ϱ* : *m* = (10$\bar{1}$) : (110) = | — | *55 44 |
| *x* : *ϱ′* = (121) : ($\bar{1}$01) = | 85 35 | 86 24 |
| *k* : *ϱ′* = (021) : ($\bar{1}$01) = | 60 54 | 60 33 |
| *q* : *ϱ′* = (011) : ($\bar{1}$01) = | 50 7 | 49 27 |
| *x* : *m* = (121) : (110) = | — | *38 41 |
| *x* : *′m* = (121) : (1$\bar{1}$0) = | 84 45 | 85 2 |
| *r* : *m* = (101) : (110) = | 55 13 | 55 17 ca. |
| *ξ* : *m* = (12$\bar{1}$) : (110) = | 39 11 | 38 13 |
| *x* : *k* = (121) : (021) = | 30 39 | 30 35 |

Doppelbrechung für *Na*-Licht negativ; Axenebene ⊥ *b*{010}, unter $61\frac{1}{2}^\circ$ zur *c*-Axe geneigt; 1. Mittellinie Axe *b*, $2V = 87^\circ 59'$; für *Li*-Licht beträgt der Winkel $2V = 90^\circ 11'$.

---

5) Al. Schmidt, Földtani Közlöny 1893, **23**, 100 bzw. 138. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 502.

6) Schwicker, Ber. d. d. chem. Ges. 1889, **22**, 1736.

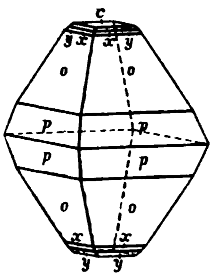
### Kaliumthiosulfat-$1\frac{2}{3}$-Hydrat = $S_2O_3K_2 . 1\frac{2}{3}H_2O$.

Rhombisch pyramidal.

$$a:b:c = 0,8229:1:1,4372 \text{ Fock}^{4)}.$$

Die Mutterlauge des $\frac{1}{3}$-Hydrates lieferte Fock und Klüß (l. c. 3097) bei weiterem Verdunsten über Schwefelsäure große, glänzende Krystalle, meist von der in Fig. 785 dargestellten Form: $o\{111\}$, $p\{331\}$, $c\{001\}$, $x\{335\}$, $v\{337\}$, auf der Rückseite nur $\omega\{\bar{1}11\}$.

Fig. 785.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *71° 4′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *66 9 |
| $o:\omega = (111):(\bar{1}11) =$ | 89° 52′ | — |
| $p:p = (331):(3\bar{3}1) =$ | 77 54 | 77 55 |
| $p:c = (331):(001) =$ | 81 37 | 81 40 |
| $x:x = (335):(3\bar{3}5) =$ | 61 32 | 61 27 |
| $x:c = (335):(001) =$ | 53 37 | 53 41 |
| $y:y = (337):(3\bar{3}7) =$ | 52 30 | 52 36 |
| $y:c = (337):(001) =$ | 44 7 | 44 15 |
| $p:\omega = (331):(\bar{1}11) =$ | 96 37 | 96 39 |
| $x:\omega = (335):(\bar{1}11) =$ | 84 22 | — |
| $y:\omega = (337):(\bar{1}11) =$ | 80 21 | 80 33 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $c$; $2E = 18°$ ca. ($Na$), $\varrho > v$.

### Natriumthiosulfat-Pentahydrat = $S_2O_3Na_2 . 5H_2O$.

Spec. Gew. 1,67—1,74 nach älteren Bestimmungen.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,3508:1:0,2745; \quad \beta = 103°58' \text{ De la Provostaye}^{7)}.$$

De la Provostaye beobachtete an großen Krystallen, welche Pelouze durch langsame Verdunstung der Lösung erhalten hatte, die Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\xi\{13\bar{1}\}$; Sénarmont[8]) fand dazu noch $a\{100\}$. Die Krystalle sind nach der $c$-Axe prismatisch und etwas tafelig nach $b\{010\}$. Dieselbe Combination beobachtete auch Fock[4]) (l. c. 3099) an Krystallen aus alkoholischer Lösung.

| | Berechnet: | Beobachtet: De la Provostaye: | Beobachtet: Sénarmont: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *37° 36′ | 37° 30′ |
| $n:b = (120):(010) =$ | 55° 45′ | 55 45 | 55 45 |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *75 5 | 75 0 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 26 58 | 27 0 | — |
| $\xi:b = (13\bar{1}):(010) =$ | 54 16 | 54 ca. | 54 15 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *76 48 | 76 50 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 44 50 | 44 46 | — |
| $\xi':c = (\bar{1}31):(001) =$ | 53 39 | 53 30 | — |
| $q:n = (011):(120) =$ | 70 17 | 70 16 | — |

7) De la Provostaye, Ann. chim. phys. 1841, (3) 3, 353.

8) H. de Sénarmont in Rammelsberg, Die neuesten Forsch. i. d. kryst. Chemie, Suppl. z. Handbuch der krystallogr. Chemie. Leipzig 1857, 23. S. auch Sénarmont, Ann. chim. phys. 1854, (3) 41, 337.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\perp b\{010\}$; 1. Mittellinie $b$-Axe; die 2. Mittellinie für $Na$-Licht bildet nach Dufet[9]) 40° 58′, für Violett nach Sénarmont 43° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; Brechungsindices nach Dufet:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $Li$: | $\alpha = 1,4849$ | $\beta = 1,5038$ | $\gamma = 1,5311$ | (indirect bestimmt). |
| $Na$: | 1,4886 | 1,5079 | 1,5360 | (direct bestimmt). |
| $Tl$: | 1,4919 | 1,5117 | 1,5405 | (indirect bestimmt). |

Aus $2H_a = 83°15'$ folgt $2E = 154°7'$ und $2V = 80°46'$ (für $Na$).

Des Cloizeaux[10]) beobachtete: $2E = 154°1'$ rot, $154°14'$ gelb, $155°57'$ blau.

Dufet bestimmte ferner für eine Reihe von Wellenlängen sehr genau die Dispersion der Mittellinien und die Werte von $2V$.

### Hexammin-Natriumcuprosilberthiosulfat = $(S_2O_3)_8Ag_4Cu_2Na_{10} \cdot 6NH_3$.

Tetragonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 0,8375$ Brown und Travis[11]).

Die von Shinn dargestellten Krystalle sind lange Prismen $a\{100\}$, $m\{110\}$ mit den Endflächen $s\{212\}$ und $\sigma\{122\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $s : s' = (212) : (\bar{2}\bar{1}2)$ = | 86° 14′ | 86° 15′ |
| $s : \sigma' = (212) : (\bar{1}\bar{2}2)$ = | — | *57 48 |
| $s : m = (212) : (110)$ = | 49 35 | 49 37 |
| $s : a = (212) : (100)$ = | 52 19 | 52 20 |
| $s : \sigma = (212) : (122)$ = | 24 58 | — |
| $s : '\sigma = (212) : (2\bar{1}2)$ = | 35 36 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ unvollkommen.
Doppelbrechung negativ, $\varepsilon = 1,7$ ca.
Farbe tiefblau; e blaß saphirblau, o tief kobaltblau.

### Ammoniumthiosulfat-Cuprochlorid-Ammoniumchlorid = $4S_2O_3(NH_4)_2 \cdot CuCl \cdot NH_4Cl$.

Tetragonal skalenoëdrisch. $a : c = 1 : 0,6313$ Tietze[12]).

Die von Rosenheim und Steinhäuser[13]) dargestellte Verbindung bildet oktaëderähnliche Bipyramiden $d\{201\}$ mit dem untergeordneten und unvollkommen ausgebildeten Bisphenoide $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $d : d = (201) : (021)$ = | — | *67° 20′ |
| $d : d_, = (201) : (20\bar{1})$ = | $76° 45\frac{1}{2}'$ | 76 35 |

Doppelbrechung negativ, mittelstark. In dickeren Platten optische Anomalien.

### Ammoniumthiosulfat-Cuprobromid-Ammoniumbromid = $4S_2O_3(NH_4)_2 \cdot CuBr \cdot NH_4Br$.

Tetragonal skalenoëdrisch. $a : c = 1 : 0,6383$ Tietze[12]).

Dargestellt von Denselben; außer $d\{201\}$ und $o\{111\}$, wie beim vor. Salze, wurde hier noch das Skalenoëder $x\{4\bar{2}1\}$ untergeordnet beobachtet.

9) Dufet, Bull. soc. min. fr. 1887, **10**, 226. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 636.
10) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 140 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, **18**, 650).
11) Brown und Travis, Journ. Amer. Chem. Soc. 1904, **26**, 947. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 306.
12) Tietze, N. Jahrb. f. Min. usw. 1901, **2**, 107. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 632.
13) Rosenheim und Steinhäuser, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1900, **25**, 103.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : {}'o = (111) : (\bar{1}\bar{1}1) =$ | — | *84° $8\frac{2}{3}'$ |
| $o : {}_{,}o = (111) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | 123° $26\frac{1}{2}'$ | 123 $11\frac{1}{2}$ |
| $d : d = (201) : (021) =$ | 67 39 | 67 $30\frac{1}{2}$ |
| $d : d_{,} = (201) : (20\bar{1}) =$ | 76 $8\frac{3}{4}$ | 76 29 |
| $x : x = (42\bar{1}) : (24\bar{1}) =$ | 34 $43\frac{3}{4}$ | 34 45 |
| $x : o = (42\bar{1}) : (111) =$ | 69 14 | 69 $14\frac{1}{3}$ |
| $x : d = (42\bar{1}) : (20\bar{1}) =$ | 29 $43\frac{2}{3}$ | 29 43 |

Doppelbrechung negativ.

### Ammoniumthiosulfat-Cuprojodid-Ammoniumjodid = $4S_2O_3(NH_4)_2 . CuJ . NH_4J$.

Tetragonal skalenoëdrisch. $a : c = 1 : 0{,}6341$ Tietze[12]).

Die von Rosenheim und Steinhäuser erhaltenen Krystalle zeigen nach Tietze (l. c. 111) die Combination der Bipyramide $d\{201\}$ mit dem untergeordneten Skalenoëder $x\{4\bar{2}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $d : d = (201) : (021) =$ | — | *67° $27\frac{1}{2}'$ |
| $d : d_{,} = (201) : (20\bar{1}) =$ | 76° $30\frac{1}{2}'$ | 76 25 |
| $x : x = (42\bar{1}) : (24\bar{1}) =$ | 34 42 | 34 45 |
| $x : d = (42\bar{1}) : (20\bar{1}) =$ | 29 $44\frac{1}{2}$ | 29 56 |

Doppelbrechung negativ.

### Ammoniumthiosulfat-Silberchlorid-Ammoniumchlorid = $4S_2O_3(NH_4)_2 . AgCl . NH_4Cl$.

Tetragonal skalenoëdrisch. $a : c = 1 : 0{,}6356$ Tietze[12]).

Dargestellt von Rosenheim und Steinhäuser[13]). Tietze (l. c. 108) beobachtete nur $d\{201\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $d : d = (201) : (021) =$ | — | *67° $31\frac{1}{2}'$ |
| $d : d_{,} = (201) : (20\bar{1}) =$ | 76° 23' | 76 25 |

Doppelbrechung negativ.

### Ammoniumthiosulfat-Silberbromid-Ammoniumbromid = $4S_2O_3(NH_4)_2 . AgBr . NH_4Br$.

Tetragonal skalenoëdrisch. $a : c = 1 : 0{,}6295$ Tietze[12]).

Dargestellt von Denselben. Combination $d\{201\}$ mit untergeordnetem $a\{100\}$, selten noch $x\{4\bar{2}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $d : d = (201) : (021) =$ | — | *67° 15' |
| $d : d_{,} = (201) : (20\bar{1}) =$ | 76° $55\frac{1}{2}'$ | 76 55 |
| $x : d = (42\bar{1}) : (20\bar{1}) =$ | 29 $45\frac{1}{2}$ | 29 34 |
| $x : a = (42\bar{1}) : (100) =$ | 32 $33\frac{1}{2}$ | 32 15 |
| $x : x = (42\bar{1}) : (24\bar{1}) =$ | 34 $40\frac{1}{2}$ | — |

Brechungsindices für $Na$: $\omega = 1{,}6769$, $\varepsilon = 1{,}6294$.

**Kaliumthiosulfat-Mercuricyanid-Monohydrat = $S_2O_3K_2 . Hg(CN)_2 . H_2O$.**

Ditetragonal bipyramidal. $a : c = 1 : 0,5464$ Fock[14]).

Die von Fock und Klüß[14]) dargestellten großen, wasserhellen Krystalle zersetzen sich allmählich an der Luft; es sind dicke Prismen $a\{100\}$, combiniert mit $i\{211\}$ und $r\{101\}$, entweder ersteres vorherrschend oder beide im Gleichgewichte.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : a = (101) : (100) =$ | — | *61° 21′ |
| $r : r = (101) : (011) =$ | 39° 38′ | — |
| $i : a = (211) : (100) =$ | 46 12 | 46 10 |
| $i' : a = (121) : (100) =$ | 69 45 | 69 54 |
| $i : i_1 = (121) : (12\bar{1}) =$ | 78 36 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

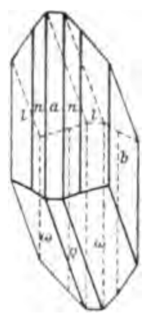
**Strontiumthiosulfat-Monohydrat = $S_2O_3Sr . H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,7664 : 1 : 0,7671$; $\beta = 92° 31'$ Fock[15]).

Nach Fock und Klüß[15]) bilden sich in der wässerigen Lösung bei 70° kleine prismatische Krystalle der Combination (Fig. 786): $b\{010\}$, $l\{320\}$, $n\{210\}$, $a\{100\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$: außerdem treten in der stark gestreiften Zone [001] noch andere, nicht bestimmbare Prismen auf; auch die Flächen von $\omega$ sind meist gestreift oder gekrümmt. Nicht selten Zwillinge nach $a\{100\}$.

Fig. 786.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $l : b = (320) : (010) =$ | 62° 57′ | 62° 47′ |
| $n : b = (210) : (010) =$ | — | *69 3 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | 40 45 | 40 56 |
| $\varrho : n = (10\bar{1}) : (210) =$ | — | *44 58 |
| $\omega : b = (11\bar{1}) : (010) =$ | — | *63 24 |
| $\omega : n = (11\bar{1}) : (210) =$ | 37 34 | 37 50 |
| $\omega : n' = (11\bar{1}) : (\bar{2}10) =$ | 61 48 | 61 30 ca. |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

**Baryumthiosulfat-Monohydrat = $S_2O_3Ba . H_2O$.**

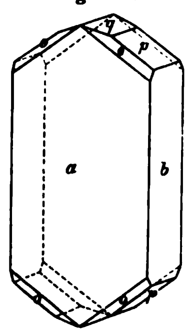
Spec. Gew. 3,447 Richardson[16]).

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,7304 : 1 : 0,7248$ Bäckström[17]).

Von Mauzelius erhaltene Krystalle, welche sich durch sehr langsame Oxydation einer Baryumsulfidlösung gebildet hatten, untersuchte Bäckström; dieselben waren prismatische Combinationen der gestreift mit einander alternierenden Formen: $l\{320\}$, $n\{210\}$, $t\{520\}$, $u\{410\}$, $v\{510\}$ und (nicht immer vorhanden) $a\{100\}$, welches in beistehender Fig. 787 an Stelle jener Prismen eingezeichnet ist; ferner treten auf $b\{010\}$, $p\{011\}$, zuweilen auch $q\{012\}$ und $o\{111\}$, sehr selten $c\{001\}$.

Fig. 787.



14) Fock u. Klüß, Ber. d. d. chem. Ges. 1891, **24**, 1355.
15) Fock u. Klüß, Ber. d. d. chem. Ges. 1889, **22**, 3310.
16) Richardson in Clarke, Spec. Grav. f. Solids etc. Washington 1888, 74.
17) Bäckström, Zeitschr. f. Krystall. 1890, **17**, 98.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $l:b = (320):(010) =$ | 64° 2′ | 63°56′ |
| $n:b = (210):(010) =$ | 69 56¼ | 69 51 |
| $t:b = (520):(010) =$ | 73 42¾ | 73 9 |
| $u:b = (410):(010) =$ | 79 39 | 79 30 |
| $v:b = (510):(010) =$ | 81 41½ | 81 31 |
| $p:b = (011):(010) =$ | — | *54 4 |
| $q:b = (012):(010) =$ | 70 4¾ | 69 51 |
| $o:b = (111):(010) =$ | — | *62 46½ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 77 33½ | — |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 78 16¾ | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $c\{001\}$ ziemlich gut.
Doppelbrechung negativ, schwach; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, Axenwinkel sehr groß.

## Cadmiumthiosulfat-Dihydrat = $S_2O_3Cd.2H_2O$.

Dargestellt von Fock und Klüß[1]) (l. c. 535) durch Wechselzersetzung von Strontiumthiosulfat und Cadmiumsulfat; die mit Alkohol und Äther versetzte Lösung scheidet allmählich schwach gelbliche, monokline, nach der $b$-Axe prismatische Krystalle der Combination $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, $b\{010\}$ aus, meist Zwillinge nach $a\{100\}$; nur approximativ meßbar.

$a:c = (100):(001) = 78°50'$ beob. Fock.
$r:a = (101):(100) = 43\ 10$ » »

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen.

## Ferrothiosulfat-Pentahydrat = $S_2O_3Fe.5H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}3767:1:0{,}5784 \text{ Fock}^{15}).$$
$$\alpha = 104°57', \quad \beta = 98°8\tfrac{1}{2}', \quad \gamma = 89°40'.$$

Wie das vor. Salz von Fock und Klüß (l. c. 3314) erhalten aus der mit Alkohol und Äther versetzten Lösung von Eisenvitriol und Baryumthiosulfat; kleine grüne, nach der $c$-Axe prismatische Krystalle mit den Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $x\{0\bar{1}1\}$. Die Flächen werden an der Luft bald matt und trübe.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *87°28′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 81°29′ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 74 51 | 74 0 ca. |
| $\pi:a = (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | — | *53 23 |
| $\pi:b' = (1\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}0) =$ | — | *50 6 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | — | *42 25 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 61 44 | 61 50 |
| $x:a = (0\bar{1}1):(100) =$ | — | *85 28 |
| $x:b' = (0\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 49 35 | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 45 43 | 45 50 |
| $o:b = (111):(010) =$ | 51 13 | — |
| $p:a = (1\bar{1}1):(100) =$ | 38 35 | 38 30 ca. |
| $p:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 68 8 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

### Strontiumthiosulfat-Pentahydrat = $S_2O_3Sr.5H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,2950:1:2,5848$; $\beta = 107^\circ 32'$ Marignac[18]).

Die von Rammelsberg[19]) zuerst als rhombisch beschriebenen, an der Luft verwitternden Krystalle sind nach Marignac Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen: $q\{011\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $x\{211\}$, $\xi\{21\bar{1}\}$, selten und klein $a\{100\}$; meist Zwillinge nach $c\{001\}$, an denen vorn $o$, $\underline{o}$, $x$, $\underline{x}$, hinten $\omega$, $\underline{\omega}$, $\xi$, $\underline{\xi}$ je eine rhombische Pyramide bilden. Die von Des Cloizeaux[10]) (l. c. 141 bzw. 651) optisch untersuchten Krystalle zeigten die Combination: $c\{001\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$ und $x\{211\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Beobachtet: Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ = | — | *135° 50′ | 135° 34′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | 89° 29′ | 89 30 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ = | — | *103 26 | — |
| $x:x = (211):(2\bar{1}1)$ = | 58 31 | 58 35 | — |
| $\xi:\xi = (21\bar{1}):(2\bar{1}\bar{1})$ = | 65 44 | 65 50 | — |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11)$ = | 73 42 | — | 74 10 |
| $o:c = (111):(001)$ = | 62 49 | 62 47 | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001)$ = | — | 82 44 | — |
| $x:c = (211):(001)$ = | 64 7 | 63 55 | — |
| $\xi':c = (\bar{2}11):(001)$ = | 92 35 | 92 34 | — |
| $a:c = (100):(001)$ = | 72 28 | 72 ca. | — |
| $q:a = (011):(100)$ = | 83 30 | — | — |
| $o:q = (111):(011)$ = | 34 31 | 34 20 | 34 30 |
| $x:q = (211):(011)$ = | 51 54 | 51 45 | — |
| $\xi':q = (\bar{2}11):(011)$ = | 60 56 | 60 51 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv, sehr stark; Axenebenen sehr wenig dispergiert, senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $28\frac{1}{2}^\circ$ im stumpfer Winkel $\beta$; $2H = 84^\circ 57'$ rot, $85^\circ 1'$ gelb, $85^\circ 22'$ blau.

### Magnesiumthiosulfat-Hexahydrat = $S_2O_3Mg.6H_2O$.

Spec. Gew. 1,818 Oliver[20]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,7674:1:0,7294$ Fock[15]).

Das Salz wurde zuerst beschrieben von Rammelsberg[19]) (l. c. 65) als tafelförmige Combinationen von $a\{100\}$ mit $b\{010\}$, $o\{111\}$, untergeordnet $q\{011\}$, $s\{102\}$ und selten $l\{150\}$. Fock (l. c. 3312) beobachtete an den von Klüß dargestellten Krystallen, welche durch Eindampfen in gelinder Wärme erhalten waren, die gleichen Formen, nur $q\{011\}$ selten und statt $l\{150\}$ das ebenfalls seltene Prisma $n\{140\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Beobachtet: Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $s:s = (102):(\bar{1}02)$ = | — | *50° 50′ | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ = | — | *55 44 | 56° 30′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ = | 75° 2′ | 75 6 | 75 16 |

18) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, **14**, 224. Oeuvres **1**, 373.

19) Rammelsberg, Krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 63.

20) Oliver in Clarke, Spec. Grav. of Solids etc. Washington 1888, 74.

| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $o:o_{,}=(111):(11\bar{1})$ | $=79°42'$ | 79°42' | — |
| $q:q=(011):(0\bar{1}1)$ | $=72\ 13$ | 72 25 | — |
| $n:b=(110):(010)$ | $=18\ \ 3$ | 18 14 | — |
| $l:b=(150):(010)$ | $=14\ 36\frac{1}{2}$ | — | 16°0' |
| $s:n=(102):(110)$ | $=82\ 26$ | 82 22 | — |
| $o:s=(111):(102)$ | $=32\ 51$ | 33 0 | — |
| $o:n=(111):(110)$ | $=50\ 43$ | 50 30 | — |
| $o':n=(\bar{1}11):(110)$ | $=75\ 11$ | 74 58 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $c$, $2E = 40°$ ca. für $Na$, Dispersion $\varrho < v$.

### Nickelthiosulfat-Hexahydrat = $S_2O_3Ni.6H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}7668:1:0{,}7290 \text{ Fock}^{15)}.$$

Rammelsberg[19]) (l. c. 66) beschrieb die Krystalle dieses Salzes als isomorph mit dem vorigen mit den Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $s\{102\}$, gibt aber nur eine Winkelmessung an. Fock und Klüß (l. c. 3313) erhielten durch Eindampfen der Lösung bei 30° große, dünne, nach der $c$-Axe verlängerte Tafeln $a\{100\}$, begrenzt von $b\{010\}$, $o\{111\}$, $q\{011\}$ und $s\{102\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $o:o=(111):(1\bar{1}1)$ | = — | *55°42' | — |
| $o:o'=(111):(\bar{1}11)$ | = — | *75 4 | 75°0' |
| $o:o_{,}=(111):(11\bar{1})$ | $=79°42'$ | 79 58 | — |
| $q:q=(011):(0\bar{1}1)$ | $=72\ 11$ | 72 14 | — |
| $s:s=(102):(\bar{1}02)$ | $=50\ 51$ | 50 40 | — |
| $o:s=(111):(102)$ | $=32\ 55$ | 33 0 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.
Durch $a\{100\}$ und $b\{010\}$ keine Axenbilder sichtbar. Farbe grün.

### Calciumthiosulfat-Hexahydrat = $S_2O_3Ca.6H_2O$.

Spec. Gew. 1,872 Richardson[16]).
Asymmetrisch.

$$a:b:c = 0{,}7828:1:1{,}5170 \text{ Zepharovich}^{21)}.$$
$$\alpha = 72°30', \qquad \beta = 98°34', \qquad \gamma = 92°45\tfrac{1}{4}'.$$

An diesem Salze demonstrierte Mitscherlich[22]) in der ersten krystallographischen Beschreibung desselben die Existenz eines »diklinen« Krystallsystemes. Zepharovich wies durch eine eingehende Untersuchung von Gottlieb, z. Teil unter Zusatz von Alkohol zur Lösung erhaltener Krystalle nach, daß diese triklin seien; er beobachtete an den in alkoholhaltiger Lösung gebildeten Krystallen die einfache Combination (Fig. 786): $m\{1\bar{1}0\}$, $p\{110\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $c'\{00\bar{1}\}$, $q'\{0\bar{1}\bar{1}\}$ und $b'\{0\bar{1}0\}$, gewöhnlich nach der $a$-Axe verlängert und an der Rückseite nicht ausgebildet; aus reiner wässeriger Lösung erhaltene

21) V. v. Zepharovich, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1862, 45, 499.
22) Mitscherlich, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1826, 8, 427.

Krystalle zeigen mannigfaltige, flächenreichere Combinationen, wie Fig. 789, an welcher folgende Formen auftreten: $b'\{0\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $c'\{00\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, $s\{10\bar{1}\}$, $s'\{\bar{1}01\}$, $o\{111\}$, $o'\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, $p\{110\}$, $p'\{\bar{1}\bar{1}0\}$, $m\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$, $m'\{\bar{1}10\}$, $a'\{\bar{1}00\}$, $c\{001\}$, $t\{10\bar{2}\}$, $t'\{\bar{1}02\}$, $r'\{\bar{1}0\bar{1}\}$, $x'\{111\}$, $x\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $y'\{\bar{1}\bar{1}2\}$, $y\{11\bar{2}\}$, $q'\{0\bar{1}\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\omega'\{\bar{1}\bar{1}1\}$, $k\{012\}$, $k'\{0\bar{1}\bar{2}\}$; von diesen wurden die vier letzten Formen von Zepharovich nur an Krystallen aus alkoholhaltiger Lösung beobachtet; außerdem gibt Mitscherlich noch $\varkappa\{0\bar{1}2\}$ bzw. $\xi\{0\bar{1}2\}$ an. Eine neuere Untersuchung mit dem zweikreisigen Goniometer führte Wulff[23]) aus und leitete aus seinen Messungen als Beispiel der Berechnung trikliner Krystalle folgende, von denen Zepharovichs wenig verschiedene Elemente ab: $a:b:c = 0{,}7847:1:1{,}5179$, $\alpha = 72^\circ 24'$, $\beta = 98^\circ 32'$, $\gamma = 92^\circ 40'$.

Fig. 788.

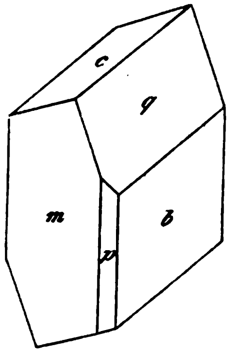
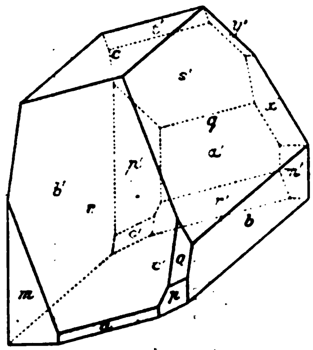



Fig. 789.




| | | Berechnet: | Beobachtet: Zepharovich: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|---|
| $a:b$ | $=(100):(010)=$ | 89° 47⅔' | 89° 50⅔' | 90° 0' |
| $a:c$ | $=(100):(001)=$ | 81 53 | 81 53½ | 81 39 |
| $b:c$ | $=(010):(001)=$ | — | *107 17¼ | 107 2 |
| $p:a$ | $=(110):(100)=$ | 38 59 | 38 49½ | 39 5 |
| $p:c$ | $=(110):(001)=$ | 94 26⅔ | 94 27⅔ | 94 9 |
| $m:b$ | $=(1\bar{1}0):(010)=$ | — | *51 3⅓ | 50 55 |
| $m:c$ | $=(1\bar{1}0):(001)=$ | — | *72 41¾ | 72 43 |
| $q:a$ | $=(011):(100)=$ | 84 31⅔ | 84 37 | — |
| $q:b$ | $=(011):(010)=$ | — | *38 24 | 38 0 |
| $q:p$ | $=(011):(110)=$ | 55 27⅔ | 55 26½ | — |
| $q:m'$ | $=(011):(\bar{1}10)=$ | 65 7½ | 65 9 | — |
| $k:a$ | $=(012):(100)=$ | 82 11 | — | — |
| $k:c$ | $=(012):(001)=$ | 42 41 | 42 44 | 42 59½ |
| $\varkappa:a$ | $=(0\bar{1}1):(100)=$ | 86 10½ | — | — |
| $\varkappa:c$ | $=(0\bar{1}1):(001)=$ | 44 45 | 44 47 | 45 7 |
| $r:c$ | $=(101):(001)=$ | — | *55 27 | 55 28 |
| $r:b$ | $=(101):(010)=$ | 97 30⅓ | 97 34 | — |
| $r:m$ | $=(101):(1\bar{1}0)=$ | 38 50⅓ | 38 39 | — |
| $r:q$ | $=(101):(011)=$ | 76 2 | 76 9 | — |
| $s:a$ | $=(10\bar{1}):(100)=$ | 30 4¼ | 29 54 | 29 54 |
| $s:b$ | $=(10\bar{1}):(010)=$ | 81 7 | — | — |
| $s:p$ | $=(10\bar{1}):(110)=$ | 39 50¼ | 39 50½ | — |
| $s:q'$ | $=(10\bar{1}):(0\bar{1}\bar{1})=$ | 84 42 | 84 48 | — |
| $t:a$ | $=(10\bar{2}):(100)=$ | 51 33⅓ | 51 31 | 51 28 |
| $t:b$ | $=(10\bar{2}):(010)=$ | 76 12 | 76 21 | — |
| $s:q'$ | $=(10\bar{2}):(0\bar{1}\bar{1})=$ | 77 34 | 77 31 | — |

23) G. Wulff, Zeitschr. f. Krystall. 1902, 36, 32.

| | Berechnet: | Beobachtet: Zepharovich: | Beobachtet: Mitscherlich: |
|---|---|---|---|
| $o : a = (111):(100)$ = | 37° 27¾′ | 37° 31¼′ | — |
| $o : b = (111):(010)$ = | 61 13 | 61 17¾ | — |
| $o : c = (111):(001)$ = | 71 6 | 71 6¼ | 70° 39½′ |
| $\omega : a = (11\bar{1}):(100)$ = | 49 50¾ | — | — |
| $\omega : b = (11\bar{1}):(010)$ = | 47 13 | 47 15 | — |
| $\omega' : c = (\bar{1}\bar{1}1):(001)$ = | 63 33 | 63 31 | 64 29 |
| $x : a = (1\bar{1}\bar{1}):(100)$ = | 41 56 | 41 52 | — |
| $x : b' = (1\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}0)$ = | 58 27½ | 58 24½ | — |
| $x' : c = (\bar{1}11):(001)$ = | 82 42 | 82 46 | 82 54½ |
| $y : a = (1\bar{1}\bar{2}):(100)$ = | 53 15¼ | — | — |
| $y : b' = (1\bar{1}\bar{2}):(0\bar{1}0)$ = | 69 50¾ | 69 49½ | — |
| $y' : c = (\bar{1}12):(001)$ = | 60 24 | 60 26 | 60 55 |
| $y : p = (1\bar{1}\bar{2}):(110)$ = | 75 41½ | 75 42 | — |
| $y' : q = (\bar{1}12):(011)$ = | 48 50¾ | 48 48½ | — |
| $y : \omega = (1\bar{1}\bar{2}):(11\bar{1})$ = | 35 51¼ | 35 49⅔ | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

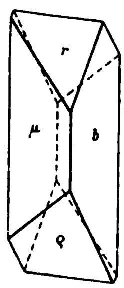
### Kobaltothiosulfat-Hexahydrat = $S_2O_3Co.6H_2O$.

Spec. Gew. 1,935 Oliver[20]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,8881:1:0,7360 \text{ Fock}^{15)}.$$

$$\alpha = 91°52', \quad \beta = 92°2', \quad \gamma = 83°28'.$$

Fig. 790.




In der von Fock und Klüß (l. c. 3314) dargestellten tiefblauen Lösung bildeten sich beim Stehen kleine rote Krystalle der Combination Fig. 790: $b\{010\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, welche nur approximativ meßbar sind und an der Luft verwittern.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\mu : b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0)$ = | — | *52° 8′ |
| $r : b = (101):(010)$ = | — | *84 15 |
| $r : \mu = (101):(1\bar{1}0)$ = | — | *63 7 |
| $\varrho' : r = (\bar{1}01):(101)$ = | — | *80 10 |
| $\varrho : \mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0)$ = | — | *62 10 |
| $\varrho : b = (10\bar{1}):(010)$ = | 92° 37′ | 92 40 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

### Ammoniumcadmiumthiosulfat = $(S_2O_3)_2Cd(NH_4)_2$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,8216:1:1,5560; \quad \beta = 97°45' \text{ Fock}^{24)}.$$

Fock und Klüß erhielten das Salz aus einer mit Alkohol versetzten Lösung in gelblichen Prismen $m\{110\}$, selten mit schmalem $a\{100\}$ und mit den Endflächen $c\{001\}$ und $q\{011\}$, letzteres oft nur einseitig ausgebildet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *78° 18′ |
| $m : c = (110):(001)$ = | — | *84 0 |
| $q : c = (011):(001)$ = | — | *57 2 |

24) Fock u. Klüß, Ber. d. d. chem. Ges. 1890, 23, 1761.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:a = (011):(100) =$ | 85° 48′ | 85° 36′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | 82 15 | 82 7 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 54 7 | 53 57 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 61 49 | 62 0 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ höchst vollkommen.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $c\{001\}$ ein Axenbild im spitzen Winkel $\beta$ 30° geneigt sichtbar.

### Pentakaliumtricadmiumthiosulfat = $(S_2O_3)_8Cd_3K_{10}$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3203:1:0,9565$; $\beta = 92°26'$ Fock[24]).

Nach Fock und Klüß (l. c. 1753) krystallisiert die Verbindung aus der Lösung beider Salze auch bei Überschuß des einen in luftbeständigen Nadeln nach der $b$-Axe, gebildet von $\varrho\{10\bar{1}\}$ (vorherrschend), $a\{100\}$, $c\{001\}$, am Ende $m\{110\}$ und $q\{011\}$ in gleicher Größe, selten noch $b\{010\}$; fast immer Zwillinge nach $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *87° 34′ |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *55 41 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *43 42 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 88° 14′ | 88 10 |
| $m:a = (110):(100) =$ | 52 50 | 52 38 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 88 32 | 88 25 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 70 5 | 70 13 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 54 36 | 54 39 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie nahe senkrecht zu $\varrho\{10\bar{1}\}$, Axenwinkel groß.

### Pentakaliumtrimercurithiosulfat = $(S_2O_3)_8Hg_3K_{10}$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,332:1:0,318$; $\beta = 91°51'$ Fock[14]).

Beim Zufügen frisch gefällten Quecksilberoxyds zu einer Kaliumthiosulfatlösung und Verdunsten der stark alkalisch gewordenen Lösung bildet sich nach Fock und Klüß (l. c. 1351) das sehr beständige Salz, welches auch aus Wasser umkrystallisiert werden kann. Die Krystalle sind prismatisch nach der $b$-Axe und zeigen die Formen: $c\{001\}$ (vorherrschend), $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $s\{201\}$ und andere Pinakoide 2. Art, sämtlich stark gestreift; als Endflächen wurden beobachtet $x\{131\}$ und seltener $q\{011\}$. Fast immer Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *42° 51′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *44 37 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *17 38 |
| $s:c = (201):(001) =$ | 60° 58′ | 61 0 ca. |
| $x:c = (131):(001) =$ | 74 54 | 75 0 » |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie annähernd senkrecht zu $c\{001\}$, Axenwinkel groß.

**Pentakaliummercurithiosulfat-Monohydrat = $(S_2O_3)_6HgK_{10}.H_2O$.**

Triklin pinakoidal[25]).

Dargestellt von Fock und Klüß[14]) (l. c. 1354) durch Zusatz eines großen Überschusses von Kaliumthiosulfat zur Lösung des vorigen Salzes und Eindampfen bei ca. 35° in kleinen prismatischen Krystallen $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, am Ende $\varrho\{10\bar{1}\}$, untergeordnet und selten $b\{010\}$ und $x\{0\bar{1}1\}$(?).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | 71° 3′ |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | 54 56 |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | — | 57 43 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *56 40 |
| $\varrho':b' = (\bar{1}01):(0\bar{1}0) =$ | 89° 33′ | 89 44 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

**Triammoniumcadmiumthiosulfat-Monohydrat = $(S_2O_3)_4Cd(NH_4)_6.H_2O$.**

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}4317:1:0{,}4187 \text{ Fock}^{24)}.$$

Fock und Klüß (l. c. 1759) erhielten diese Verbindung nur einmal aus einer öligen Flüssigkeit, welche sich durch Zusatz von Alkohol zu einer Lösung von 1 Mol. Cadmiumnitrat und 4 Mol. Ammoniumthiosulfat ausgeschieden hatte. Große farblose Krystalle, Combinationen von $m\{110\}$ und $b\{010\}$ in gleicher Größe oder nach einem Prismenflächenpaare tafelig, am Ende $q\{011\}$ und schmal $x\{121\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *46° 42′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *45 26 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 81° 12′ | 81 5 |
| $x:b = (121):(010) =$ | 58 59 | 59 5 |
| $x:x' = (121):(\bar{1}21) =$ | 73 16 | — |
| $x:x_{,} = (121):(12\bar{1}) =$ | 75 56 | — |
| $x:m = (121):(110) =$ | 41 14 | 41 22 |
| $x:{}'m = (121):(1\bar{1}0) =$ | 69 55 | 70 1 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$; 1. Mittellinie Axe $a$, Axenwinkel im Glase des Fueß-Adams-Apparates für $Na$ 30° ca., $\varrho > v$.

**Trikaliumcadmiumthiosulfat-Dihydrat = $(S_2O_3)_4CdK_6.2H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}5103:1:0{,}9631;\quad \beta = 100°39' \text{ Fock}^{24)}.$$

Dargestellt von Fock und Klüß (l. c. 1754) aus Cadmiumacetat mit einem großen Überschusse von Kaliumthiosulfat und Umkrystallisieren des mit Alkohol ausgefällten Doppelsalzes aus warmem Wasser; große, glänzende, meist nach $a\{100\}$ dicktafelige und nach der $c$-Axe verlängerte Krystalle, begrenzt von $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, selten und klein $r\{101\}$ und $x\{121\}$, ferner mit schmalen gestreiften Flächen $n\{320\}$ und $l\{520\}$.

---

25) In den Originalangaben von Fock (l. c.) finden sich hinsichtlich der seltenen und untergeordneten Form $x\{0\bar{1}1\}$ Fehler, welche nach Privatmitt. des Autors (F.) auch von Diesem nicht mehr festgestellt werden konnten; da hierdurch auch die l. c. aufgestellten Elemente beeinflußt werden, so sind die letzteren, ebenso wie die auf $x$ bezüglichen Winkel hier nicht wiedergegeben worden.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:a$ | $= (110):(100) =$ | — | *55° 25′ |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *79 21 |
| $\varrho:a$ | $= (10\bar{1}):(100) =$ | — | *65 8 |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | 83° 59′ | 84 5 |
| $\varrho:m$ | $= (10\bar{1}):(110) =$ | 76 11 | 76 2 |
| $r:a$ | $= (101):(100) =$ | 50 4 | 50 0 |
| $r:m$ | $= (101):(110) =$ | 68 38 | — |
| $x:c$ | $= (121):(001) =$ | 60 44 | 60 53 |
| $x:x$ | $= (121):(1\bar{2}1) =$ | 111 50 | — |
| $x:a$ | $= (121):(100) =$ | 68 55 | — |
| $x:m$ | $= (121):(110) =$ | 27 37 | 27 32 |
| $x:m'$ | $= (121):(\bar{1}10) =$ | 61 28 | 61 19 |
| $n:a$ | $= (320):(100) =$ | 44 2 | 44 0 ca. |
| $l:a$ | $= (520):(100) =$ | 30 7 | 30 30 » |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

**Trikaliumcalciumthiosulfat-2⅔-Hydrat = $(S_2O_3)_4CaK_6 \cdot 2\frac{2}{3}H_2O$.**

Spec. Gew. 2,211 Wyrouboff[3]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}7010:1:0{,}8931$; $\beta = 99°58'$ Fock[26]).

Wyrouboff[3]) (l. c. 152) erhielt das ihm zuerst als käufliches Kaliumthiosulfat zugegangene Salz durch Eindampfen einer mit etwas Calciumthiosulfat versetzten Lösung von $S_2O_3K_2$ bei 30° und fand bei der Analyse den der obigen Formel entsprechenden Wassergehalt; die Krystalle waren dünne gestreifte Nadeln mit den Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $n\{210\}$ und $l\{520\}$, am Ende $q\{011\}$ und selten kleine Flächen von $k\{012\}$. Fock und Klüß[26]) stellten dasselbe Salz durch Mischen der Lösung beider Componenten und Eindampfen auf dem Wasserbade dar; sie geben für dasselbe 2 Mol. $H_2O$ (nicht 5!) an, haben aber den Wassergehalt nicht direct bestimmt; die von Fock gemessenen Krystalle sind ebenfalls dünne prismatische Combinationen von $m\{110\}$, $a\{100\}$ und $q\{011\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Beobachtet: Wyrouboff: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m'$ | $= (110):(\bar{1}10) =$ | — | *60° 40′ | 61° 30′ |
| $q:q$ | $= (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *82 40 | 81 26 |
| $q:a$ | $= (011):(100) =$ | — | *82 32 | — |
| $q:m$ | $= (011):(110) =$ | 50° 41′ | 50 37 | — |
| $q:m'$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 59 58 | 60 10 | 59 57 |
| $n:n$ | $= (210):(\bar{2}10) =$ | (80 6 W.) | — | 80 6 |
| $l:a$ | $= (520):(100) =$ | (33 55 ») | — | 34 1 |
| $k:q$ | $= (021):(011) =$ | (17 26 ») | — | 17 0 ca. |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Doppelbrechung negativ, sehr stark; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 21½° im stumpfen Winkel $\beta$; Axenwinkel sehr groß (Wyr.).

**Trinatriumcadmiumthiosulfat-Trihydrat = $(S_2O_3)_4CdNa_6 \cdot 3H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

Dargestellt von Fock und Klüß[24]) (l. c. 1757) aus Cadmiumacetat und Natriumthiosulfat; in der durch Alkohol gefällten öligen Flüssigkeit bilden sich

26) Fock u. Klüß, Ber. d. d. chem. Ges. 1891, 24, 3016.

beim Verdunsten schwierig gelbe, zerfließliche und unvollkommene Krystalle vom Ansehen spitzer Rhomboëder; Combination: $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $r\{101\}$, selten untergeordnet $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : b = (110) : (010) =$ | — | 43° 46′ |
| $m : \mu = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | 72 22 |
| $r : b = (101) : (010) =$ | — | 85 52 |
| $r : m = (101) : (110) =$ | — | 50 3 |
| $r : \mu = (101) : (1\bar{1}0) =$ | 42° 46′ | 43 ca. |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

**Triammoniumcadmiumthiosulfat-Trihydrat** $= (S_2O_3)_4Cd(NH_4)_6 \cdot 3H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,9760 : 1 : 1,0026; \quad \beta = 96° 15'$ Fock[24]).

Aus einer gemischten Lösung von Cadmiumacetat und überschüssigem Ammoniumthiosulfat fällt nach Fock und Klüß (l. c. 1758) Alkohol dieses Salz, welches durch Umkrystallisieren aus warmem Wasser in großen, luftbeständigen Krystallen erhalten werden kann. Diese sind meist dicktafelig nach $a\{100\}$ und begrenzt von $m\{110\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $y\{12\bar{2}\}$, $n\{120\}$; manchmal ist auch $c\{001\}$ vorherrschend und dann $q\{011\}$ entsprechend groß ausgebildet; $y\{12\bar{2}\}$ ist nicht immer vorhanden, tritt aber mit ziemlich großen Flächen auf.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *83° 45′ |
| $r : a = (101) : (100) =$ | — | *41 11 |
| $m : a = (110) : (100) =$ | — | *44 8 |
| $n : a = (120) : (100) =$ | 62° 44′ | 62 42 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 85 31 | 85 37 |
| $n : c = (120) : (001) =$ | 87 8 | 87 17 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | 47 16 | 47 11 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | 60 51 | 60 56 |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 57 18 | 57 24 |
| $r : n = (101) : (120) =$ | 69 50 | 69 41 |
| $\varrho : n = (10\bar{1}) : (120) =$ | 71 53 | 71 49 |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | 89 48 | 90 2 |
| $q : a = (011) : (100) =$ | 85 35 | 85 30 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 56 51 | 56 52 |
| $q : m' = (011) : (\bar{1}10) =$ | 64 8 | 64 0 |
| $q : n = (011) : (120) =$ | 48 28 | — |
| $q : n' = (011) : (\bar{1}20) =$ | 53 40 | — |
| $y : y = (12\bar{2}) : (1\bar{2}\bar{2}) =$ | 85 46 | 85 50 |
| $y : a = (12\bar{2}) : (100) =$ | 73 58 | 73 40 |
| $y : m = (12\bar{2}) : (110) =$ | 47 46 | — |
| $y : m' = (12\bar{2}) : (\bar{1}10) =$ | 74 0 | — |
| $y : n = (12\bar{2}) : (120) =$ | 42 59 | 42 45 |
| $y : n' = (12\bar{2}) : (\bar{1}20) =$ | 61 25 | 61 40 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

**Trikaliummercurithiosulfat-Trihydrat** $= (S_2O_3)_4HgK_6 \cdot 3H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,4843 : 1 : 0,9463; \quad \beta = 101° 5'$ Fock[14]).

Fock und Klüß (l. c. 1353) erhielten aus der Mutterlauge des S. 679 beschriebenen wasserfreien Doppelsalzes nach Zusatz eines Überschusses von $S_2O_3K_2$ beim Verdunsten über Schwefelsäure kleine farblose, luftbeständige Krystalle der Combination: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$; die Flächen von $m$ sind durch diejenigen eines vicinalen Prismas gestreift.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *55° 28′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *78 55 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *49 47 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 68° 32′ | 68 21 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 83 45 | 83 36 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ ziemlich vollkommen.
Durch $a\{100\}$ keine Axenbilder sichtbar.

**Kaliummagnesiumthiosulfat-Hexahydrat = $(S_2O_3)_2MgK_2 \cdot 6H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,0001:1:1,0474$; $\beta = 107°31'$ Fock[1]).

Dieses Doppelsalz scheidet sich nach Fock und Klüß (l. c. 539) aus der Lösung äquivalenter Mengen der Componenten nach dem Concentrieren bei gelinder Wärme in großen, klaren, luftbeständigen Krystallen aus, teils tafelförmig nach $c\{001\}$, teils kurzprismatisch nach $m\{110\}$; untergeordnet treten noch auf: $a\{100\}$, $q\{011\}$, $t\{031\}$, $\sigma\{30\bar{1}\}$, $s\{301\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *55° 20′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *81 58 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *44 58 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 72° 29′ | 72 20 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 77 42 | — |
| $t:q = (031):(011) =$ | 26 35 | 26 45 |
| $t:a = (031):(100) =$ | 84 32 | — |
| $q:m = (011):(110) =$ | 43 33 | — |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 58 12 | 58 22 |
| $t:m = (031):(110) =$ | 27 50 | 27 40 |
| $t:m' = (031):(\bar{1}10) =$ | 37 16 | 37 10 |
| $s:a = (301):(100) =$ | 27 0 | 27 0 ca. |
| $\sigma:a = (30\bar{1}):(100) =$ | 36 54 | 37 0 » |
| $s:m = (301):(110) =$ | 65 34 | — |
| $\sigma:m = (30\bar{1}):(110) =$ | 68 12 | — |
| $s:q = (301):(011) =$ | 60 16 | — |
| $\sigma':q = (\bar{3}01):(011) =$ | 76 25 | — |
| $s:t = (301):(031) =$ | 77 11 | — |
| $\sigma':t = (\bar{3}01):(031) =$ | 83 58 | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie nahe $\perp c\{001\}$, Axenwinkel im Glase des Fueß-Adams-Apparates = 78° 45′ für $Na$, Dispersion gering.

**Ammoniummagnesiumthiosulfat-Hexahydrat = $(S_2O_3)_2Mg(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6422:1:0,9238$; $\beta = 105°34'$ Fock[1])

Fock und Klüß (l. c. 540) erhielten die Verbindung durch Verdampfen der Lösung bei 35° in luftbeständigen, nach der $b$-Axe langprismatischen

Krystallen der Combination: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, kleiner oder ganz fehlend $r\{101\}$, am Ende $q\{011\}$, $t\{031\}$ und $\xi\{23\bar{1}\}$; die letztgenannte Form fehlt nicht selten, ist aber zuweilen so groß ausgebildet, wie $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *74° 26′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *41 40 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *66 6 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 78° 26′ | — |
| $t:q = (031):(011) =$ | 27 48 | 27 51 |
| $t:a = (031):(100) =$ | 84 36 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 29 27 | 29 16 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 72 23 | 72 27 |
| $\varrho':t = (\bar{1}01):(031) =$ | 81 50 | 81 56 |
| $\xi:\xi' = (23\bar{1}):(\bar{2}31) =$ | 92 21 | — |
| $\xi:a = (23\bar{1}):(100) =$ | 47 23 | 47 28 |
| $\xi:\varrho = (23\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 47 4 | 47 13 |
| $\xi':c = (\bar{2}31):(001) =$ | 86 37 | — |

Spaltbarkeit nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie nahe $\perp \varrho\{10\bar{1}\}$, Axenwinkel sehr groß.

### Trinatriumcadmiumthiosulfat-Hexakaidekahydrat = $(S_2O_3)_4CdNa_6 \cdot 16H_2O$.

Monoklin (sphenoïdisch?).

$$a:b:c = 1{,}136:1:0{,}3492; \quad \beta = 103°35' \text{ Fock}^{24}).$$

Dargestellt von Fock und Klüß (l. c. 1755) durch Fällen einer Lösung von Cadmiumacetat und überschüssigem Natriumthiosulfat mit Alkohol und Verdunsten der entstandenen öligen Flüssigkeit über Schwefelsäure. Große, luftbeständige, schwach gelbliche, vertical verlängerte Tafeln nach $b\{010\}$, begrenzt von $a\{100\}$ und dem meist nur einseitig auftretenden $q\{011\}$; selten und mit unvollkommenen Flächen erscheint $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *71° 15′ |
| $q:a = (011):(100) =$ | — | *77 9 |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *47 0 ca. |
| $q:m = (011):(110) =$ | 63° 23′ | — |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 88 44 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$ und 37° gegen die $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$ geneigt, 1. Mittellinie Axe $b$; Axenwinkel im Glase des Fueß-Adams-Apparates = 71° für $Na$.

### Tribaryumcadmiumthiosulfat-Oktohydrat = $(S_2O_3)_4CdBa_3 \cdot 8H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6997:1:0{,}6441 \text{ Fock}^{24}).$$

$$\alpha = 94°18', \quad \beta = 91°18', \quad \gamma = 79°11'.$$

Fock und Klüß (l. c. 1762) digerierten 1 Mol. Cadmiumsulfat in wässeriger Lösung mit 2 Mol. Baryumthiosulfat, wobei sich neben $SO_4Ba$ kleine gelbliche Nadeln des folgenden Salzes absetzten, fällten das Filtrat mit Alkohol und lösten

das ausgeschiedene Krystallmehl in heißem Wasser, aus welchem sich beim Verdunsten dünne Täfelchen nach $b\{010\}$ bildeten, begrenzt von $a\{100\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *100° 45′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *89 30 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *85 52 |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *62 20 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *46 40 |
| $r:b = (101):(010) =$ | 94° 16′ | 94 17 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 86 56 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | 55 9 | 54 59 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 47 9 | 47 10 |
| $\varrho:b = (10\bar{1}):(010) =$ | 100 40 | 100 30 ca. |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 60 17 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen.

**Dibaryumcadmiumthiosulfat-Oktohydrat = $(S_2O_3)_3CdBa_2 \cdot 8H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,9871:1:0,8595 \text{ Fock}^{24)}.$$

$$\alpha = 57^\circ 50', \qquad \beta = 91^\circ 37', \qquad \gamma = 80^\circ 15'.$$

Die beim vorigen Salze erwähnten Nadeln dieser Verbindung wurden von Fock und Klüß (l. c. 1761) in heißem Wasser gelöst und setzten sich beim Erkalten wieder ab. Dünne, gestreifte Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, am Ende $r\{101\}$, selten noch $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *100° 30′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *85 45 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *122 23 |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *48 53 |
| $r:b = (101):(010) =$ | 120° 57′ | 121 9 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *113 26 |
| $m:b = (110):(010) =$ | 45 1 | 42°—46° |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Dithionate und deren Verbindungen mit Halogeniden und Sulfaten.

Wasserfreie unterschwefelsaure Salze (Hyposulfate) sind nur von einwertigen Metallen bekannt. Unter diesen ist das **Kaliumdithionat** = $S_2O_6K_2$ besonders interessant durch die optische Activität seiner trigonal-trapezoëdrischen Krystalle, welche infolge ihrer Zwillingsbildung scheinbar hexagonale Symmetrie zeigen; dasselbe gilt unzweifelhaft auch für das isomorphe **Rubidiumdithionat** = $S_2O_6Rb_2$, an dessen Krystallen jedoch der Nachweis der Zwillingsbildung noch zu führen ist. **Thallodithionat** = $S_2O_6Tl_2$ krystallisiert unter den gleichen Verhältnissen nicht in der entsprechenden Modification, sondern monoklin, bildet aber isomorphe Mischungen mit dem Kaliumsalze, denn nach Fock[1]) scheiden sich aus

1) Fock, Zeitschr. f. Krystallogr. 1882, 6, 163.

Lösungen, in welchen das Thalliumsalz vorherrscht, monokline Krystalle mit beträchtlichem Kaliumgehalte aus; überschreitet die Zusammensetzung der Lösung das Verhältnis $1 S_2O_6K_2 : 2 S_2O_6Tl_2$, so bilden sich rhombische Mischkrystalle, deren Form und Zwillingsbildung auf eine pseudohexagonale Krystallstructur hinweisen; bei noch höherem Kaliumsalzgehalte der Lösung erhält man endlich Mischkrystalle von der Form des reinen unterschwefelsauren Kaliums. Da die rhombischen Krystalle nicht die Zusammensetzung eines bestimmten Doppelsalzes haben, muß man sie wohl als einer dritten, bei den beiden reinen Salzen nicht bekannten Modification angehörig betrachten, ähnlich den sauren Alkalisulfaten (s. S. 308); der Annahme einer Polysymmetrie für die rhombische (pseudohexagonale) und die trigonale Form steht die ziemlich große Verschiedenheit der Winkel beider entgegen. Die Untersuchung Focks wurde im wesentlichen bestätigt von Stortenbeker[2]), welcher ebenfalls dreierlei Mischkrystalle erhielt, nämlich trigonale, bis 9,8 Mol.-Proc. $S_2O_6Tl_2$ enthaltend, aus Lösungen eines Gemenges von 0—60 Mol.-Proc. $S_2O_6Tl_2$, rhombische Krystalle einer intermediären Modification mit 59,6—66,1 Mol.-Proc. $S_2O_6Tl_2$ (Lösung eines Gemenges von 60—68,7 Mol.-Proc. $S_2O_6Tl_2$ ungefähr), die bei 14° auch nach dem Impfen mit einem Krystalle von $S_2O_6Tl_2$ entstand, und monokline Krystalle mit mehr als 30,7 Mol.-Proc. $S_2O_6Tl_2$ aus Lösungen eines Gemenges mit über 52,1 Mol.-Proc. $S_2O_6Tl_2$.

Die Hyposulfate von Lithium und Natrium krystallisieren für sich nur wasserhaltig, aus gemischten Lösungen mit dem Thallosalze entstehen jedoch nach Fock[3]) Krystalle von anderer Form, welche beide Metalle nicht in einfachem Verhältnisse zu enthalten scheinen, nämlich im Falle von Thallium und Lithium im Verhältnisse 3 : 4, im Falle von Thallium und Natrium wie 9 : 4; da nur je eine Analyse vielleicht nicht ganz homogener Substanz vorliegt, handelt es sich wahrscheinlich hier um Doppelsalze, möglicherweise mit dem Verhältnisse 1 : 1 bzw. 2 : 1; unter dieser Annahme wären die beiden in Rede stehenden Verbindungen zu bezeichnen als **Lithiumthallodithionat** $= S_2O_6TlLi$ bzw. **Dinatriumtetrathallodithionat** $= (S_2O_6)_3Tl_4Na_2$; der erste dieser Körper krystallisiert monoklin, der zweite rhombisch; die Existenz einer der letzteren analogen Silberverbindung $(S_2O_6)_3Tl_4Ag_2$ wies Fock[3]) (l. c. 346) nach, erhielt dieselbe aber nicht in meßbaren Krystallen.

Verbindungen unterschwefelsaurer Alkalisalze mit Halogeniden sind zwei bekannt, für welche ihrer analogen Zusammensetzung nach Isomorphie zu erwarten wäre, die eine, **Kaliumdithionat-Natriumchlorid** $= S_2O_6K_2 . NaCl$, krystallisiert tetragonal, die zweite, **Ammoniumdithionat-Ammoniumchlorid** $= S_2O_6(NH_4)_2 . NH_4Cl$ rhombisch; beide sind pseudokubisch und zeigen recht ähnliche Winkel der Pyramidenflächen, so daß eine gewisse

2) Stortenbeker, Rec. trav. chim. de Pays-Bas 1905, **24**, 59. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **48**, 600.

3) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1888, **14**, 341.

Ähnlichkeit der Krystallstructur nicht zu verkennen ist; doch scheint auch in diesen Doppelverbindungen der so oft bemerkbare Unterschied des Natriums gegenüber $K$ bzw. $NH_4$ die eigentliche Isomorphie zu verhindern. Eine Verbindung von unterschwefelsaurem und schwefelsaurem Salze ist das triklin krystallisierende **Trithallodithionat-Thallosulfat** $= 3S_2O_6Tl_2.SO_4Tl_2$.

Die Hyposulfate der zweiwertigen Metalle krystallisieren sämtlich mit Wasser, indessen erhielt Fock[1]) (l. c. 168) aus einer gemischten Lösung von Thallo- und Strontiumdithionat wasserfreie Krystalle mit einem Gehalte von 5,5—8,4 % $S_2O_6Sr$, welche sich jedoch bei der optischen Untersuchung als inhomogen erwiesen; wahrscheinlich liegt hier ein Doppelsalz vor; die Krystalle sind rhombisch-pseudohexagonal und im Habitus ähnlich den S. 686 erwähnten Mischkrystallen von $S_2O_6Tl_2$ und $S_2O_6K_2$, die Winkel der pyramidalen Formen sind aber ganz andere. Lösungen aller drei Salze lieferten Krystalle, welche 78,7 % $S_2O_6Tl_2$, 10,7 $S_2O_6K_2$ und 10,5 $S_2O_6Sr$ enthielten und ebenfalls ähnlichen Habitus zeigten, deren Formen aber außer diesem und der pseudohexagonalen rhombischen Symmetrie nichts mit den beiden vorerwähnten Krystallen gemeinsam hatten; es dürfte sich auch hier um ein Doppelsalz von unterschwefelsaurem Strontium mit $S_2O_6(Tl, K)_2$ handeln, dessen Formel, ebenso wie im vorhergehenden Falle, wegen Inhomogenität des Materials aus der Analyse nicht abgeleitet werden kann. Übrigens beobachtete Fock[3]) (l. c. 346) von Baryum- und Thalliumdithionat die Bildung eines Doppelsalzes von der bestimmten Zusammensetzung $2S_2O_6Ba.3S_2O_6Tl_2$, welches jedoch nicht gemessen werden konnte.

Unter den wasserhaltigen Salzen der Unterschwefelsäure hat den niedrigsten Gehalt, ½ Mol. Wasser, das **Ammoniumdithionat-Hemihydrat** $= S_2O_6(NH_4)_2.\frac{1}{2}H_2O$, dessen monokline Form nur unvollständig bestimmt werden konnte, den nächst höheren ein basisches Salz, **Thallodithionat-Thallohydroxyd-Monohydrat** $= S_2O_6Tl_2.TlOH.H_2O$, welches monoklin krystallisiert. **Lithiumdithionat-Dihydrat** $= S_2O_6Li_2.2H_2O$ und **Natriumdithionat-Dihydrat** $= S_2O_6Na_2.2H_2O$ krystallisieren beide rhombisch mit sehr nahe übereinstimmenden Axenverhältnissen, wenn auch etwas verschiedenem Habitus und mit völlig abweichender Spaltbarkeit; die von Rammelsberg angenommene Isomorphie ist daher sehr zweifelhaft und auch noch nicht durch Mischungsversuche geprüft. Dagegen ist mit dem Natriumsalze unzweifelhaft isomorph **Silberdithionat-Dihydrat** $= S_2O_6Ag_2.2H_2O$, und diese beiden übereinstimmend ausgebildeten und spaltbaren Salze bilden sehr leicht isomorphe Mischungen; eine solche von mittlerem Verhältnisse wurde gemessen und zeigte zwar die gleichen Formen, wie sie an den reinen Salzen auftreten, aber einen anderen Habitus und einen Prismenwinkel $(110):(1\bar{1}0)$, welcher wesentlich außerhalb der Grenzen desjenigen der beiden Componenten liegt; es wäre interessant, durch weitere Untersuchung dieser Mischungsreihe den Einfluß der Zusammensetzung auf die krystallographischen und optischen Verhältnisse derselben festzustellen. Ein isomorphes Thallodithionat-Dihydrat scheint nach den Versuchen von Fock[3])

(l. c. 346) nicht zu existieren. **Kaliumfluordithionat-Trihydrat** = $S_2O_5F_2K_2.3H_2O$ wurde von Weinland und Alfa[4]) dargestellt; nach Zirngiebl[5]) bildet es tafelförmige (trikline?) Zwillinge, durch deren Tafelfläche ein Axenbild schief sichtbar ist.

Während das Ammoniumdithionat sich mit $\frac{1}{2}$ Mol. $H_2O$ verbindet (s. S. 687), krystallisieren die unterschwefelsauren Salze von *Mn*, *Fe*, *Ni*, *Co*, *Zn* und *Cd* als Hexahydrate (s. S. 690). Aus gemischten Lösungen eines dieser letzteren Salze mit Ammoniumdithionat hat nun Fock[3]), z. Teil neben Krystallen des einen der Componenten, Krystalle erhalten, welche in der Mehrzahl der Fälle $S_2O_6(NH_4)_2$ und $S_2O_6R''$ in dem Verhältnisse 9 : 2, je einmal jedoch im Verhältnisse 3 : 1 bzw. 2 : 1 enthielten, und für welche er aus den Analysen einen (nicht direct bestimmten) Wassergehalt von $1\frac{1}{2}$ Mol. annimmt. Die monokline Form dieser Krystalle ist gänzlich verschieden von derjenigen der Salze $S_2O_6(NH_4)_2.\frac{1}{2}H_2O$ und $S_2O_6R''.6H_2O$, unter einander stimmen aber diese verschiedenen Doppelsalze so nahe überein, daß sie unzweifelhaft als isomorph angesehen werden müssen. Hiernach ist es sehr wahrscheinlich, daß ihnen sämtlich die gleiche Constitution zukommt, und die Schwankungen der Zusammensetzung durch Inhomogenität der analysierten Krystalle verursacht sind; zur Feststellung der Formel dieser Verbindungen bedarf es jedenfalls noch weiterer Untersuchungen. Am wenigsten gut ausgebildet erschien das **Ammoniummanganodithionat**, während **Ammoniumferro-**, **Ammoniumnickel-**, **Ammoniumkobalto-**, **Ammoniumzink-** und **Ammoniumcadmiumdithionat**, besonders die beiden ersten, gut meßbare und z. Teil ziemlich flächenreiche Krystalle zeigten. **Baryumdithionat-Dihydrat** = $S_2O_6Ba.2H_2O$ bildet leicht schöne und z. Teil ziemlich flächenreiche monokline Krystalle, welche eine außerordentliche Mannigfaltigkeit ihres Habitus zeigen; da infolge dessen bei der Zurückführung der von verschiedenen Beobachtern angegebenen Formen auf eine Grundform sich einige Zweifel herausstellten, unternahm Goßner eine erneute Untersuchung des Salzes, deren Resultate, mit den bisherigen Angaben verglichen, weiterhin mitgeteilt sind. Fock[3]) (l. c. 346 f.) erhielt aus gemischten Lösungen von Baryumdithionat mit unterschwefelsaurem Natrium bzw. Lithium und Silber Krystalle von abweichender Ausbildung, deren Formen sich jedoch auf diejenigen des reinen Baryumsalzes zurückführen ließen; während die in Natrium- bzw. Lithiumsalz enthaltender Lösung gebildeten Krystalle nur geringe Mengen dieser Salze aufgenommen hatten, wurde in den in Gegenwart von $S_2O_6Ag_2$ entstandenen ein sehr hoher Silbergehalt gefunden. Dem gegenüber constatierte Goßner folgendes: Fügt man zu einer Lösung von Baryumdithionat steigende Mengen Natriumsalz hinzu, so bilden sich Krystalle des ersteren, deren specifisches Gewicht innerhalb der Fehlergrenze mit dem des reinen Baryumsalzes

---

4) Weinland u. Alfa, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1899, **21**, 64.
5) Zirngiebl, Zeitschr. f. Krystallogr. 1902, **36**, 149.

übereinstimmt, und schließlich bei hohem Natriumgehalte der Lösung solche des zweiten Salzes ohne nachweisbare Beimischungen; beide Arten von Krystallen sind wegen ihrer mannigfachen Verzerrung ohne Messung kaum zu unterscheiden, und es liegt daher die Vermutung nahe, daß zu den Analysen von Fock, sowie zu denen von Mischkrystallen, welche früher von Rammelsberg u. a. Chemikern untersucht wurden, Gemenge von Krystallen des Baryumsalzes mit solchen von unterschwefelsaurem Natrium und Lithium oder Silber zur Verwendung gelangt sind. Außer den S. 688 erwähnten Verbindungen von Ammoniumdithionat mit den unterschwefelsauren Salzen von *Mn*, *Fe* usw. erhielt Fock ein ebenfalls monoklin, aber verschieden von jenen krystallisierendes Doppelsalz von bestimmter Zusammensetzung, nämlich **Ammoniumdicupridithionat-Oktohydrat** $= (S_2O_6)_3Cu_2(NH_4)_2.8H_2O$. Die einzige Verbindung mit 3 Mol. $H_2O$ ist das **Manganodithionat-Trihydrat** $= S_2O_6Mn.3H_2O$, welches nach einer älteren Bestimmung rhombisch krystallisiert.

Die Tetrahydrate der unterschwefelsauren Salze von *Ca*, *Sr*, *Ba* und *Pb* bilden zwei Reihen, welche jedenfalls im Verhältnisse der Isodimorphie zu einander stehen. **Calcium-, Strontium- und Bleidithionat-Tetrahydrat** $= S_2O_6Ca.4H_2O$ bzw. $S_2O_6Sr.4H_2O$ und $S_2O_6Pb.4H_2O$ krystallisieren trigonal-trapezoëdrisch und sind ausgezeichnet durch die Fähigkeit ihrer Krystalle, die Polarisationsebene des Lichtes zu drehen; während aber für das Bleisalz eine sorgfältige Untersuchung (von Březina) über die Beziehung der auftretenden Formen zu dem Sinne der Drehung vorliegt, läßt die Kenntnis der beiden anderen Salze noch sehr zu wünschen übrig. Die isomorphen Mischungen des Bleidithionates mit Strontiumdithionat sind mehrfach untersucht worden (Cit. s. b. Bleisalz): Sénarmont beobachtete eine fast vollständige Compensation der entgegengesetzten Doppelbrechung der Componenten, Fock fand die Brechungsindices proportional der Mischung und Bodländer das Drehungsvermögen ebenfalls der Zusammensetzung entsprechend. Optische Anomalien zeigen nach Brauns[6]) Mischkrystalle aus jedem Paare der drei isomorphen Salze; diese Anomalien veranlaßten Wyrouboff[7]), die Krystalle als pseudotrigonale Drillinge zu betrachten und anzunehmen, daß ihnen eine monokline Krystallstructur zugrunde liege, wie sie die entsprechende Baryumverbindung zeigt; letztere, das **Baryumdithionat-Tetrahydrat** $= S_2O_6Ba.4H_2O$, krystallisiert nämlich monoklin und vermag nach Wyrouboff in dieser Form auch isomorphe Mischungen mit dem Calcium- und dem Bleisalze zu bilden, was natürlich ebenso durch Isodimorphie dieser Gruppe zu erklären ist. Derselben schließt sich eine Halogenverbindung des Baryumsalzes an, das triklin krystallisierende **Baryumdithionat-Baryumchlorid-Tetrahydrat** $= S_2O_6Ba.BaCl_2.4H_2O$. Die einzige Verbindung mit $5H_2O$, deren Krystallform bestimmt wurde, ist das trikline **Cupridithionat-Pentahydrat** =

6) Brauns, N. Jahrb. f. Min. usw. 1885, **1**, 110. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **12**, 312.

7) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1884, **7**, 49; 1885, **8**, 78. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 204; **12**, 313.

$S_2O_6Cu.5H_2O$. Ebenfalls triklin krystallisieren die folgenden Salze: **Magnesium-, Mangano-, Nickel-, Zink- und Cadmiumdithionat-Hexahydrat** = $S_2O_6Mg.6H_2O$, $S_2O_6Mn.6H_2O$, $S_2O_6Ni.6H_2O$, $S_2O_6Zn.6H_2O$ und $S_2O_6Cd.6H_2O$, und zwar sämtlich isomorph bis auf das letzte, dessen Form sich nicht auf die der übrigen beziehen läßt; ob hier eine Dimorphie vorliegt, könnte nur durch Mischungsversuche nachgewiesen werden. Endlich krystallisieren auch **Ferrodithionat-Heptahydrat** = $S_2O_6Fe.7H_2O$ und **Kobaltodithionat-Oktohydrat** = $S_2O_6Co.8H_2O$ triklin, natürlich von jenen und von einander verschieden.

Von den Hyposulfaten der dreiwertigen Metalle sind folgende gemessen worden: **Cerodithionat-Trihydrat** = $(S_2O_6)_3Ce_2.3H_2O$ triklin, **Didymdithionat-Dodekahydrat** = $(S_2O_6)_3Di_2.12H_2O$, **Cerodithionat-Pentakaidekahydrat** = $(S_2O_6)_3Ce_2.15H_2O$ triklin; ferner beschrieb Fock[3]) **Chromidithionat-Oktokaidekahydrat** = $(S_2O_6)_3Cr_2.18H_2O$ als in regulären Oktaëdern krystallisierend, sowie ein basisches Salz, **Oxywismuthdithionat-Pentahydrat** = $S_2O_6(BiO)_2.5H_2O$, monoklin, und ein Doppelsalz, **Ammoniumaluminiumdithionat-Heptakaiïkosihydrat** = $(S_2O_6)_4Al_2(NH_4)_2.27H_2O$. ebenfalls monoklin; diese drei Salze wurden von Klüß[8]) dargestellt.

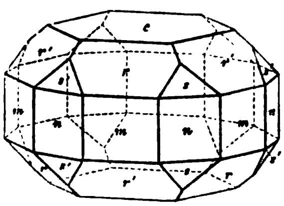
### Kaliumdithionat = $S_2O_6K_2$.

Spec. Gew. 2,777—2,280 Hertlein[9]), 2,277 Topsøe[10]).
Trigonal trapezoëdrisch.

$$\alpha = 108^\circ 27' \quad (a : c = 1 : 0{,}6467 \text{ Weiß}^{11}).$$

Heeren[12]), welcher die Krystalle für rhombisch hielt, beobachtete langprismatische Combinationen des 1. und 2. hexagonalen Prismas mit der primären Bipyramide und der Basis als Endflächen. Nachdem Lang die optische Einaxigkeit erkannt hatte, führte Weiß Messungen an Krystallen aus, welche dieselben hexagonalen Formen, aber die Prismenflächen sehr untergeordnet, zeigten. Pape[13]) entdeckte die optische Activität der Krystalle und gibt an, daß das 2. Prisma nur untergeordnet als trigonales auftrete. Bichat[14]), welcher ebenfalls Messungen des Drehungsvermögens vornahm, beobachtete »hemiëdrische« Flächen, welche auf trigonal-trapezoëdrische Symmetrie hindeuteten, macht aber keine näheren Angaben über diese Formen. Den Nachweis der genannten Symmetrie führte Fock[1]) (l. c. 160) durch Ätzung der scheinbar hexagonalen Krystalle (Fig. 791), welche sich stets als Zwillinge zweier rechtsdrehender oder zweier linksdrehender nach dem beim Quarze gewöhnlichen Gesetze erwiesen; infolge

Fig. 791.



8) Klüß, Z. Kenntn. d. unterschwefels. Salze. Dissert. Berlin 1888; s. auch Ann. d. Chemie 246, 179 f.

9) Hertlein, Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, 19, 297.

10) Topsøe, Arch. d. sc. phys. nat. Genève 1872, (2) 45, 227.

11) Weiß, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1859, 37, 372.

12) Heeren, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1826, 7, 75.

13) Pape, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1870, 139, 229.

14) Bichat, Compt. rend. 1873, 77, 1189.

der innigen Durchwachsung läßt sich nicht entscheiden, ob die einzelnen Krystalle außer den Formen $c\{111\}$, $r\{100\}$, $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $n\{10\bar{1}\}$ und $s\{41\bar{2}\}$ auch die correlaten Formen $r'\{22\bar{1}\}$, $m'\{\bar{2}11\}$, $n'\{\bar{1}01\}$ und $s'\{4\bar{2}1\}$ zeigen, oder ob die in der Figur so bezeichneten Flächen den positiven Formen in der Zwillingsstellung angehören; bei 70°—80° erhielt Fock auch einfache Krystalle, welche aber nur ein trigonales Prisma mit der Basis zeigten. Die von Hankel und Lindenberg[15]) elektrisch untersuchten Krystalle waren sämtlich Zwillinge, wie sie Fock beschrieb; an einigen derselben beobachteten die Genannten, wie Bichat, Flächen einer trigonalen Bipyramide und eines trigonalen Trapezoëders. Wegen der oben erwähnten Unsicherheit werden in der folgenden Winkeltabelle die hexagonalen Symbole benutzt.

| | Berechnet: | Beobachtet: Weiß: | Fock: | Heeren: |
|---|---|---|---|---|
| $r:c = (10\bar{1}1):(0001) =$ | — | *36° 45′ | 36° 38′ | 36° 38′ |
| $r:r' = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 34° 48′ | 34 44 | 34 39 | 34 36 |
| $r':m = (01\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | 72 36 | 72 40 | 72 36 | — |
| $s:c = (11\bar{2}1):(0001) =$ | 52 17 | — | 52 7 | — |
| $s:m = (11\bar{2}1):(10\bar{1}0) =$ | 46 46 | — | 46 50 | — |

Die durch Schwefelsäure hervorgebrachten Ätzfiguren auf $c\{111\}$ sind trigonal, d. h. durch ein Rhomboëder gebildet (Fock).

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[16]):

| | | |
|---|---|---|
| für $C$: | $\omega = 1,4532$ | $\varepsilon = 1,51195$ |
| » $D$: | 1,4550 | 1,5153 |
| » $F$: | 1,4595 | 1,5239 |

Specifisches Drehungsvermögen nach Pape für $C$: 6°,18, für $D$: 8°,39, für $E$: 10°,51, für $F$: 12°,33; Bichat fand für $D$: 8°,7.

Nach Hankel und Lindenberg sind die drei hexagonalen Nebenaxen elektrische Axen, wie beim Quarz; die Trapezoëder treten aber an den analogen Polen auf, und diese Pole werden durch Druck positiv elektrisch.

## Rubidiumdithionat = $S_2O_6Rb_2$.

Trigonal trapezoëdrisch.

$\alpha = 108°56'$ ($a:c = 1:0,6307$ Piccard[17])).

Die Krystalle zeigen die gleiche, scheinbar hexagonale Combination, wie das Kaliumsalz (Fig. 791): $m\{10\bar{1}0\}$, $n\{11\bar{2}0\}$, $c\{0001\}$, $rr'\{10\bar{1}1\}$, $ss'\{11\bar{2}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (10\bar{1}1):(0001) =$ | 36° 4′ | 36° 3′ |
| $r:r' = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 34 14 | 34 13 |
| $s:c = (11\bar{2}1):(0001) =$ | 51 36 | 51 37 |

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[16]) (l. c. 662 bzw. 34 und 525):

| | | |
|---|---|---|
| für $C$: | $\omega = 1,4556$ | $\varepsilon = 1,5041$ |
| » $D$: | 1,4574 | 1,5078 |
| » $F$: | 1,4623 | 1,5167 |

15) Hankel u. Lindenberg, Abh. K. sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1892, 18, 376. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 27, 515.

16) Topsøe u. Christiansen, Vidensk. Selsk. Skr. Kopenhagen 1873, (5) 9, 661. Ann. chim. phys. 1874, (5) 1, 34. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1874, Erg.-Bd. 6, 525.

17) Piccard, Journ. f. prakt. Chemie 1862, 86, 456.

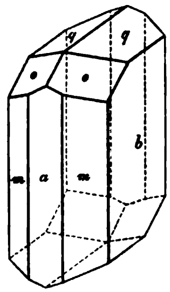
## Thallodithionat = $S_2O_6Tl_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9292:1:0{,}3986$; $\beta = 96^\circ 58'$ Fock[1]).

Das von Fock (l. c. 162) dargestellte Salz zeigt die Combination Fig. 792: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $o\{121\}$.

Fig. 792.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *85° 22′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *43 10 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *70 35 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 83° 30′ | 83 27 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 80 25 | 80 29 |
| $o:o = (121):(1\bar{2}1) =$ | 69 46 | 69 38 |
| $o:a = (121):(100) =$ | 66 34 | 66 28 |
| $o:m = (121):(110) =$ | 47 9 | 47 7 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; 1. Mittellinie in $b\{010\}$ ca. 20° zur $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt (mit starker Dispersion); $2E = 40^\circ$ ca. für $Na$, Dispersion $\varrho > v$.

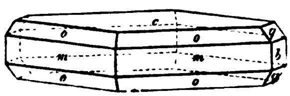
### Isomorphe Mischung von Thallo- und Kaliumdithionat = $S_2O_6(Tl, K)_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5700:1:1{,}4547$ Fock[1]).

Die Krystalle dieser Form bilden sich nach Fock (l. c. 163) aus einer Lösung, welche auf 2 Mol. $S_2O_6Tl_2$ mehr als 1 Mol. $S_2O_6K_2$ enthält (ihr Gehalt an $S_2O_6Tl_2$ ist 84,6 %, während dem Verhältnisse $2S_2O_6Tl_2 : S_2O_6K_2$ ein Gehalt von 81,8 % entspricht); es sind dünne rhombische Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen $m\{110\}$, $o\{111\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$ (Fig. 793); ganz untergeordnet treten zuweilen auch auf: $a\{100\}$, $n\{130\}$, $i\{112\}$ und $x\{113\}$. Häufig Zwillinge und Drillinge nach $m\{110\}$.

Fig. 793.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *59° 22′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *71 12 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 110° 40′ | 110 32 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 55 42½ | 55 30 |
| $n:n' = (130):(\bar{1}30) =$ | 60 29 | 60 38 |
| $i:c = (112):(001) =$ | 55 45 | 55 4 ca. |
| $x:c = (113):(001) =$ | 44 24 | 43 53 » |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $c$; Axenwinkel in Öl $2H$ für $Na = 70^\circ 3'$, daraus ber. $2E = 113^\circ 50'$, Dispersion stark, $\varrho > v$.

### Lithiumthallodithionat = $S_2O_6TlLi$(?).

Monoklin prismatisch.

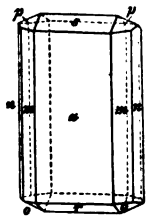
$a:b:c = 0{,}8715:1:0{,}4288$; $\beta = 92^\circ 11'$ Fock[3]).

Klüß[3]) erhielt aus gemischten Lösungen von $S_2O_6Tl_2$ und $S_2O_6Li_2$ neben den reinen Salzen auch Krystalle, deren Analyse 70,57 % $S_2O_6Tl_2$ und 28,93 %

$S_2O_6Li_2$ ergab. Nach Fock (l. c. 344) sind es prismatische oder nach *a* tafelförmige Combinationen von *a*{100}, *m*{110}, *n*{120} (fehlt oft), *s*{101}, *r*{10$\bar{1}$}, *p*{111}, *o*{11$\bar{1}$} (s. Fig. 794), untergeordnet zuweilen noch *q*{011}. Manchmal Zwillinge nach *a*{100} von rhombischem Ansehen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *m* : *m* = (110) : (1$\bar{1}$0) = | — | *82° 14′ |
| *s* : *a* = (101) : (100) = | — | *62 16 |
| *r* : *a* = (10$\bar{1}$) : (100) = | — | *65 47 |
| *n* : *n′* = (120) : ($\bar{1}$20) = | 59° 35′ | 59 52 |
| *s* : *m* = (101) : (110) = | 69 29 | — |
| *r* : *m* = (10$\bar{1}$) : (110) = | 71 0 | — |
| *s* : *n* = (101) : (120) = | 66 11 | 66 10 |
| *r* : *n* = (10$\bar{1}$) : (120) = | 69 9 | — |
| *p* : *p* = (111) : (1$\bar{1}$1) = | 41 17 | — |
| *o* : *o* = (11$\bar{1}$) : (1$\bar{1}\bar{1}$) = | 42 27 | — |
| *p* : *a* = (111) : (100) = | 64 11 | 65 ca. |
| *o* : *a* = (11$\bar{1}$) : (100) = | 67 31 | 68 » |
| *q* : *a* = (011) : (100) = | 87 59 | 88 » |
| *q* : *q* = (011) : (0$\bar{1}$1) = | 46 6 | — |

Fig. 794.



Keine deutliche Spaltbarkeit.

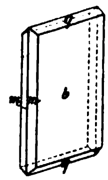
Ebene der optischen Axen *b*{010}; durch *a*{100} ein Axenbild ca. 31° zur Normalen geneigt sichtbar.

## Dinatriumtetrathallodithionat = $(S_2O_6)_3Tl_4Na_2$(?).

Rhombisch. $a : b : c = 0{,}4788 : 1 : 0{,}7931$ Fock[3]).

Dargestellt von Klüß[8]) durch Verdunstenlassen einer Lösung, welche beide Salze im obigen Molekularverhältnisse enthielt. Nach Fock (l. c. 342) kleine dünne Tafeln (Fig. 795) mit den Formen: *b*{110}, *m*{110}, *q*{011}.

Fig. 795.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *m* : *m* = (110) : (1$\bar{1}$0) = | — | *51° 10′ |
| *q* : *q* = (011) : (0$\bar{1}$1) = | — | *76 50 |
| *q* : *m* = (011) : (110) = | 74° 26′ | 74 42 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

## Kaliumdithionat-Natriumchlorid = $S_2O_6K_2.NaCl$.

Tetragonal. $a : c = 1 : 0{,}9335$ Pape[13]).

Pape (l. c. 237) erhielt dieses Doppelsalz aus der Lösung der beiden Componenten in Combinationen von *m*{110}, *c*{001}, *a*{100}, *o*{111}, welche einem Hexaëder (*m*, *c*), dessen Kanten durch das Rhombendodekaëder (*a*, *o*) abgestumpft sind, glichen; zuweilen war auch *o*{111} vorherrschend. Die Krystalle ergaben sehr schwankende Winkelwerte.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *o* : *o* = (111) : (1$\bar{1}$1) = | 70° 26′ | — |
| *o* : *c* = (111) : (001) = | — | *52° 51′ |

Doppelbrechung negativ.

### Ammoniumdithionat-Ammoniumchlorid = $S_2O_6(NH_4)_2 \cdot NH_4Cl$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}9827:1:0{,}9612 \text{ Fock}[18]).$$

Aus der Auflösung der beiden Salze krystallisiert nach Fock und Klüß die Verbindung in nach der Verticalaxe verlängerten Krystallen, welche gewöhnlich nur $b\{010\}$ (manchmal vorherrschend), $a\{100\}$ und $c\{001\}$ zeigen; zuweilen treten auch $m\{110\}$, $r\{101\}$ und $q\{011\}$ auf; Flächen von $o\{111\}$ und $i\{112\}$ wurden nur einmal beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *44° 30′ |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *45 38 |
| $q:b = (011):(010) =$ | 46° 8′ | 46 9 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 60 5 | 60 12 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 60 56 | 60 57 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 53 54 | 54 11 |
| $i:c = (112):(001) =$ | 34 26 | 34 26 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen.

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $c$; $2E = 40°$ ca. für $Na$, Dispersion $\varrho > v$.

### Trithallodithionat-Thallosulfat = $3S_2O_6Tl_2 \cdot SO_4Tl_2$.

Spec. Gew. 5,573 Wyrouboff[19]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}5736:1:0{,}5914 \text{ Wyrouboff}[19]).$$
$$\alpha = 87°28', \quad \beta = 106°54', \quad \gamma = 88°40'.$$

Wyrouboff erhielt dieses Doppelsalz beim Verdunsten einer freie Schwefelsäure enthaltenden Lösung von Thallodithionat bei 30° oder einer solchen mit etwas $SO_4Tl_2$ bei 35°—40°; große, durchsichtige Krystalle mit den Formen $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $k\{012\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:b = (001):(010) =$ | — | *93° 0′ |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *57 46 |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *62 46 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *77 10 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 74° 36′ | 74 50 |
| $\omega:\mu = (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | — | *45 40 |
| $\omega:b' = (1\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}0) =$ | 65 26 | 65 40 |
| $k:b = (012):(010) =$ | 42 47 | 42 0 |

Doppelbrechung positiv, stark; die Trace der Ebene der optischen Axen auf $c\{001\}$ bildet 49° mit der Kante $cb[001, 010]$ und 69° 50′ mit der Kante $cm[001, 110]$; die 1. Mittellinie ist gegen die Normale zu $c\{001\}$ ca. 15° geneigt; beide Axenbilder durch $c\{001\}$ sichtbar; $2H_a = 90°$, $2H_o = 120°$ für Rot, $\varrho > v$ mit geneigter Dispersion.

---

18) Fock u. Klüß, Ber. d. d. chem. Ges. 1891, **24**, 3017.

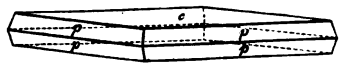
19) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1884, **7**, 139. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 636.

### Thallostrontiumdithionat = $S_2O_6(Tl_2, Sr)$(?).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5674:1:2{,}7376$ Fock[1]).

Fig. 796.




Dünne Täfelchen der Combination (Fig. 796): $c\{001\}$, $p\{111\}$, selten und untergeordnet $q\{011\}$. Die Flächen von $p$ meist gekrümmt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *69° 56′ |
| $p:p' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *117 44 |
| $p:c = (111):(001) =$ | 79° 17′ | 79 40 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $c$.

### Kaliumthallostrontiumdithionat = $S_2O_6(Tl_2, K_2, Sr)$(?).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5914:1:0{,}3882$ Fock[1]).

Kleine Krystalle, dünntafelig nach $c\{001\}$, mit den Randflächen $o\{111\}$, selten und ganz untergeordnet $x\{221\}$ und $t\{071\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *62° 56′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *37 20 |
| $x:c = (221):(001) =$ | 47° 39′ | 48 30 ca. |
| $t:c = (071):(001) =$ | 69 48 | 69 53 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $c$.

### Ammoniumdithionat-Hemihydrat = $S_2O_6(NH_4)_2 . \frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin.

Fock[3]) (l. c. 341) erhielt dieses Salz in dünnen Nadeln gebildet, von $a\{100\}$, $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, ohne Endflächen.

$a:c = (100):(001) = 85°\ 0'$ beob.
$\varrho:a = (10\bar{1}):(100) = 66\ 30$ »

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen.

### Thallodithionat-Thallohydroxyd-Monohydrat = $S_2O_6Tl_2 . TlOH . H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}5108:1:1{,}8080$; $\beta = 123° 52'$ Fock[1]).

Dargestellt von Fock (l. c. 167) durch Zusatz von Ammoniak zur Lösung von Thallohyposulfat; kleine glänzende prismatische Krystalle der Combination (Fig. 797): $m\{110\}$, $c\{001\}$, $d\{10\bar{1}\}$, $r\{102\}$; fast sämtlich Zwillinge nach $a\{100\}$ (Fig. 798), an denen aber nur das untere Ende ausgebildet war.

Fig. 797.

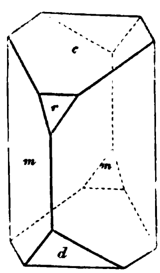
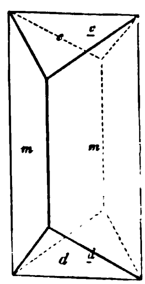



Fig. 798.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *102° 52′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *69 40 |
| $d':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *52 42 |
| $m:d = (110):(10\bar{1}) =$ | 67° 48′ | 67 48 |
| $r:c = (102):(001) =$ | 20 26 | 20 32 |
| $m:r = (110):(102) =$ | 59 35 | 59 19 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu *b*{010}, $71\frac{1}{2}^\circ$ im spitzen Winkel *β* zur *c*-Axe geneigt, Axenwinkel groß (durch *m*{110} sind die Axenbilder sichtbar).

### Lithiumdithionat-Dihydrat = $S_2O_6Li_2 . 2H_2O$.

Spec Gew. 2,158 Topsøe[10]).

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}9657 : 1 : 0{,}5779$ Rammelsberg[20]).

Das von Rammelsberg dargestellte Salz wurde von ihm in einer anderen Stellung beschrieben, später[21]) aber von ihm wegen der Beziehung zu dem folgenden Salze die hier adoptierte Aufstellung der Krystalle vorgezogen; danach sind dieselben rhombische Prismen nach *r*{101}, häufig abgestumpft durch *a*{100}, mit *o*{111} oder *m*{110} als vorherrschender Endigung, neben diesen gewöhnlich noch *i*{121}, *b*{010} und *n*{310}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *88° 0′ |
| $n : m = (310) : (110) =$ | 26° 9′ | 26 35 |
| $r : r = (101) : (\bar{1}01) =$ | 61 48 | 61 40 |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 68 19 | 68 14 |
| $o : r = (111) : (101) =$ | — | *26 22 |
| $o : o' = (111) : (\bar{1}11) =$ | 54 46 | 53 54 |
| $o : m = (111) : (110) =$ | 50 15 | 50 8 |
| $i : o = (121) : (111) =$ | 18 24 | 18 23 |

Spaltbarkeit nach *a*{100} vollkommen (Topsøe und Christiansen[16])).

Doppelbrechung positiv; Axenebene *c*{001}, 1. Mittellinie Axe *a*, $2V = 78^\circ 16'$, $2E = 159^\circ 45'$ (berechnet für *Na*); Brechungsindices (Topsøe und Christiansen):

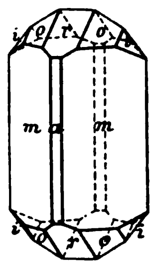
| | | | |
|---|---|---|---|
| für *C*: | $\alpha = 1{,}5462$ | $\beta = 1{,}5565$ | $\gamma = 1{,}5763$ |
| » *D*: | 1,5487 | 1,5602 | 1,5788 |
| » *F*: | 1,5548 | 1,5680 | 1,5887 |

### Natriumdithionat-Dihydrat = $S_2O_6Na_2 . 2H_2O$.

Spec. Gew. 2,189 Topsøe[10]), 2,196 Goßner (Privatmitt.).

Rhombisch bipyramidal.

Fig. 799.




$a : b : c = 0{,}9922 : 1 : 0{,}5981$ Baker[22]).

Heeren[12]) (l. c. 76), welcher das Salz zuerst untersuchte, beobachtete nach *m*{110} prismatische Combinationen mit *a*{100}, *r*{101} (nicht immer vorhanden), *o*{111}, *i*{121} (Fig. 799). Dieselben Formen geben Grailich und Lang[23]) an, ebenso Des Cloizeaux[24]) und Baker, nur daß an den von letzterem gemessenen Krystallen *a*{100} fehlt. An sehr schönen Krystallen der in Fig. 799 dargestellten Combination, welche sich in der Präparatensammlung des min. Institutes in München befinden, erscheint *a*{100} nur als sehr schmale Abstumpfung. Die in der folgenden Winkeltabelle ein-

20) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1866, **128**, 320.
21) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-physikal. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 476.
22) Baker, Chemic. News, London 1877, **36**, 203. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **3**, 629.
23) J. Grailich und V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad d. Wiss. Wien 1857, **27**, 19.
24) Des Cloizeaux, Nouv. Recherches 67 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, **18**, 577).

geklammerten Angaben Des Cloizeaux's sind die aus den beiden ersten Winkeln berechneten.

| | Berechnet: | Beobachtet: Baker: | Grailich u. Lang: | Des Cloizeaux: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 89°33'$ | $89°25'$ | $89°30'$ | $89°42'$ |
| $r:r = (101):(\bar{1}01)$ | $= 62\ 9$ | $62\ 3$ | $62\ 22$ | $62\ 8$ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 54\ 15$ | $54\ 20$ | $54\ 0$ | $(54\ 20)$ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ | $= 54\ 42$ | $54\ 31$ | — | $(54\ 40)$ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | $= 98\ 49$ | — | $99\ 46$ | $(99\ 18)$ |
| $i:i = (121):(1\bar{2}1)$ | $= 91\ 21$ | $91\ 26$ | — | $(91\ 30)$ |
| $i:i' = (121):(\bar{1}21)$ | $= 42\ 17$ | $42\ 20$ | — | $(42\ 12)$ |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen.

Die mit Wasser erzeugten Ätzfiguren werden nach Grailich und Lang von den Flächen der Formen $m\{110\}$, $r\{101\}$ und $i\{121\}$ gebildet.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie Axe $a$; Brechungsindices nach Lang[25]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (ber.) |
|---|---|---|---|---|
| Rot: | $\alpha = 1{,}4803$ | $\beta = 1{,}4927$ | $\gamma = 1{,}5158$ | $2V$ (ber.) $= 73°26'$ |
| Gelb: | 1,4820 | 1,4953 | 1,5185 | 75 14 |
| Grün: | 1,4838 | 1,4978 | 1,5212 | 76 28 |

Für den Axenwinkel $2E$ fanden Grailich und Lang (l. c. 20) die Werte 126°38′ für Rot und 134°40′ für Blau, Des Cloizeaux (l. c. 69 bzw. 579): 126°4′ für Rot, 129°33′ für Gelb und 139°2′ für Blau. Letzterer beobachtete keine merkliche Änderung des Axenwinkels beim Erwärmen auf 70—75° C.

### Silberdithionat-Dihydrat $= S_2O_6Ag_2.2H_2O$.

Spec. Gew. 3,605 Topsøe[10]), 3,620 Goßner (Privatmitt.).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}9884:1:0{,}5811 \text{ Baker}^{22)}.$$

Die Krystalle dieses Salzes zeigen nach Heeren[12]) (l. c. 191) die gleiche Combination (Fig. 799) wie die des vorigen, nur daß noch $b\{010\}$ als Abstumpfung des Prismas hinzutritt und $i\{121\}$ nur mit schmalen Flächen zwischen $o\{111\}$ und $b\{010\}$ erscheint. Dieselben Formen: $r\{101\}$, $o\{111\}$, $m\{110\}$, $i\{121\}$, $a\{100\}$ und $b\{010\}$ beobachtete auch Baker, seine Krystalle waren aber nach der Verticalaxe sehr kurzprismatisch. In der folgenden Winkeltabelle sind die eingeklammerten Zahlen die von Rammelsberg aus Heerens Messungen berechneten Winkelwerte. Lang[26]) beobachtete nur $o\{111\}$ mit unvollkommenen Flächen und bestimmte an Spaltungsflächen den Prismenwinkel $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ zu 88°53′.

| | Berechnet: | Beobachtet: Baker: | Heeren: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | $89°20'$ | $89°22'$ | $89°\ 8'$ |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | $60\ 54$ | $61\ 1$ | $(61\ 6)$ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | $53\ 13$ | $53\ 9$ | $53\ 0$ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | $53\ 54$ | $54\ 5$ | $(54\ 6)$ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | $100\ 51$ | $100\ 52$ | $100\ 50$ |
| $i:i = (121):(1\bar{2}1) =$ | $90\ 6$ | $90\ 2$ | $(89\ 58)$ |
| $i:i' = (121):(\bar{1}21) =$ | $75\ 2$ | $75\ 8$ | $(75\ 4)$ |

25) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1859, 37, 382.

26) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1893, 102 (IIa), 845. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 25, 515.

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$; die 1. Mittellinie Axe $b$; durch $m\{110\}$ die Axenbilder sichtbar (Lang). Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[16]) (l. c. 677 bzw. 44 und 535):

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| für $C$: | $\alpha = 1,6272$ | $\beta = 1,6573$ | $\gamma = 1,6601$ | $2V = 33°21'$, | $2E = 56°48'$ ber. |
| » $F$: | 1,6404 | 1,6748 | 1,6770 | 28 6 | 47 59 » |

### Isomorphe Mischung von Natrium- und Silberdithionat-Dihydrat = $S_2O_6(Na, Ag)_2 . 2H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,9813 : 1 : 0,5856$ Baker[22]).

Dargestellt von Baker, welcher in den Krystallen 32,0 % $Ag$ fand (das Verhältnis $Na : Ag = 1 : 1$ erfordert 33,0 $Ag$); beobachtete Formen: $r\{101\}$ vorherrschend, $o\{111\}$, $b\{010\}$, klein ausgebildet $m\{110\}$ und $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | 88°55′ | 89° 1′ |
| $r : r = (101) : (\bar{1}01) =$ | 61 39 | 61 41 |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 54 30 | 54 37 |
| $o : o_, = (111) : (11\bar{1}) =$ | 100 12 | 100 14 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen.

### Ammoniummanganodithionat = $S_2O_6[(NH_4)_2, Mn] . 1\frac{1}{2}H_2O$ (?).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 2,1289 : 1 : 1,2173$; $\beta = 91°19'$ Fock[3]).

Fock (l. c. 359) erhielt aus einer Lösung äquivalenter Mengen beider Salze, welche am bequemsten durch Umsetzung von $(SO_4)_2Mn(NH_4)_2$ mit der berechneten Menge Baryumdithionat erhalten wird, zuerst das reine Ammoniumsalz, dann $S_2O_6Mn . 6H_2O$, später neben diesem Krystalle der obigen Verbindung, endlich letztere allein. Diese ergaben bei der Analyse das Verhältnis $(NH_4)_2O : MnO = 9 : 2$ und zeigten die Formen: $a\{100\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $s\{101\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $p\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$; sie sind meist verlängert nach der Symmetrieaxe (s. Fig. 801), seltener tafelförmig nach $b\{010\}$ (s. Fig. 800); wegen ihrer großen Zerfließlichkeit sind die Krystalle nur angenähert meßbar.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : b = (110) : (010) =$ | — | *25° 10′ |
| $r : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | — | *61 14 |
| $s : a = (101) : (100) =$ | — | *59 15 |
| $p : b = (111) : (010) =$ | 43°42′ | 43½ ca. |
| $o' : b = (\bar{1}11) : (010) =$ | 43 8 | 43 ». |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

### Ammoniumferrodithionat = $S_2O_6[(NH_4)_2, Fe] . 1\frac{1}{2}H_2O$ (?).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 2,0564 : 1 : 1,1907$; $\beta = 90°51'$ Fock[3]).

Fock (l. c. 354) erhielt aus der Lösung der beiden Salze im Verhältnisse 1 : 1 zuerst Krystalle von der Form des Ferrodithionat-Hexahydrat, aber mit einem Ammoniumgehalte (nach einer Analyse betrug das Verhältnis $(NH_4)_2O : FeO =$

1 : 15), dann neben kurzprismatischen Krystallen der reinen Ferroverbindung solche des Doppelsalzes, welche in dem letzten Anschusse vorherrschten. Die gemessenen Krystalle enthielten $3(NH_4)_2O$ auf $1 FeO$, solche, welche sich aus einer Lösung mit der doppelten Menge Ammoniumsalz abgesetzt hatten, $9(NH_4)_2O$ auf $2 FeO$.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $s\{101\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $p\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$. Die Krystalle waren gut ausgebildet, z. Teil von erheblicher Größe und ließen ihrer Ausbildung nach drei verschiedenen Typen unterscheiden. Die meisten waren tafelförmig nach der Symmetrieebene (s. Fig. 800) und zeigten selten *o*. Andere hatten die Gestalt der Fig. 801, waren also nach der Symmetrieaxe verlängert, und ließen gleichfalls nur selten und untergeordnet die Form *o* erkennen. Nicht häufig werden Krystalle von dem Habitus der Fig. 802 beobachtet; dieselben zeichneten sich aber durch gute Ausbildung und spiegelnde Flächen aus, auch waren stets sämtliche oben ausgeführten Formen an ihnen vertreten.

Fig. 800.

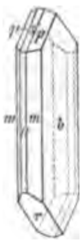


Fig. 801.

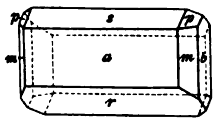
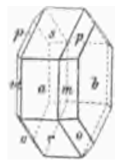


Fig. 802.



| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m : b$ | $= (110) : (010) =$ | — | *25° 36′ |
| $r : a$ | $= (10\bar{1}) : (100) =$ | — | *60 34 |
| $s : a$ | $= (101) : (100) =$ | — | *59 16 |
| $r : m$ | $= (10\bar{1}) : (110) =$ | 77° 35′ | 77 39 |
| $s : m$ | $= (101) : (110) =$ | 77 5 | 76 55 |
| $o' : b$ | $= (\bar{1}11) : (010) =$ | 44 18 | 44 14 |
| $p : b$ | $= (111) : (010) =$ | 43 58 | 43 46 |
| $o : a$ | $= (11\bar{1}) : (100) =$ | 70 3 | — |
| $p : a$ | $= (111) : (100) =$ | 69 5 | — |
| $p : m$ | $= (111) : (110) =$ | 36 54 | 36 47 |
| $o : m$ | $= (11\bar{1}) : (110) =$ | 37 12 | 37 7 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene und ca. 80° gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt; $2H = 72°$ für *Na*-Licht (Fueß-Adamsscher Apparat), Dispersion $\varrho > v$.

### Ammoniumnickeldithionat = $S_2O_6[(NH_4)_2, Ni] \cdot 1\frac{1}{2}H_2O$ (?).

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 2{,}0643 : 1 : 1{,}2077; \quad \beta = 90°56' \text{ Fock}^3).$$

Eine Lösung äquivalenter Mengen der Componenten liefert nach Fock (l. c. 356) neben einander Krystalle von $S_2O_6Ni \cdot 6H_2O$ und heller grün gefärbte des Doppelsalzes, deren Analyse das Verhältnis $(NH_4)_2O : NiO = 9 : 2$ ergab.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $s\{101\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $n\{210\}$. Die Krystalle waren wohl ausgebildet und z. Teil von erheblicher Größe; meist herrschte die Symmetrieebene vor; so daß dieselben vollständig der Fig. 800 glichen, seltener zeigte sich der kurzprismatische Habitus (s. Fig. 802); $a\{100\}$ war in der Regel nur von untergeordneter Ausbildung; das Prisma *n* wurde nur an einem einzigen Krystalle beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *60° 22′ |
| $s:a = (101):(100) =$ | — | *58 58 |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *25 51 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 77° 33′ | 77 34 |
| $s:m = (101):(110) =$ | 77 1 | 76 58 |
| $q:b = (011):(010) =$ | 39 38 | 39 45 |
| $o:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 43 41 | 43 51 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 89 24 | 89 26 |
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 70 3 | 69 55 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 45 46 | 45 51 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 46 29 | 46 35 |
| $s:q = (101):(011) =$ | 56 30 | 56 24 |
| $r':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 56 41 | 56 38 |
| $o:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 67 10 | 67 0 |
| $n:b = (210):(010) =$ | 44 6 | 44 15 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene und ca. 83½° gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt; $2H = 74\frac{1}{2}°$ für $Na$-Licht (Fueß-Adamsscher Apparat), Dispersion $\varrho > v$.

### Ammoniumkobaltodithionat = $S_2O_6[(NH_4)_2, Co].1\frac{1}{2}H_2O$(?).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,0594:1:1,2045; \quad \beta = 90°54'$ Fock[3]).

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $s\{101\}$, $m\{110\}$ $o\{11\bar{1}\}$.

Aus der Lösung gleicher Teile beider Salze bilden sich nach Fock (l. c. 358) neben Krystallen von $S_2O_6Co.6H_2O$ heller gefärbte, wohl ausgebildete, aber leicht zerfließliche Krystalle, teils tafelförmig nach $b\{010\}$, teils nach der Symmetrieaxe verlängert, entsprechen also dem äußeren Ansehen nach den Fig. 800 und 801. Sie enthalten $(NH_4)_2O:CoO$ im Verhältnisse 9:2.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:a = (100):(10\bar{1}) =$ | — | *60° 21′ |
| $s:a = (100):(101) =$ | — | *59 1 |
| $m:b = (010):(110) =$ | — | *25 54 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 77° 31′ | 77 26 |
| $s:m = (101):(110) =$ | 77 0 | 77 3 |
| $o:r = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 46 19 | 46 17 |
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 70 1 | 70 8 |
| $o':s = (\bar{1}11):(101) =$ | 70 19 | 70 16 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene und ca. 77° gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt; $2H = 74\frac{1}{2}$ für $Na$-Licht (Fueß-Adamsscher Apparat), Dispersion $\varrho > v$.

### Ammoniumzinkdithionat = $S_2O_6[(NH_4)_2, Zn).1\frac{1}{2}H_2O$(?).

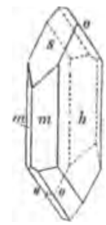
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,0597:1:1,2042; \quad \beta = 90°52'$ Fock[3]).

Fock (l. c. 351) erhielt aus der Lösung äquivalenter Mengen beider Salze zuerst Ammoniumdithionat, dann neben einander Krystalle von der Form des

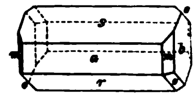
Zinkdithionat-Hexahydrat und derjenigen des Doppelsalzes. Letztere zeigen die Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $s\{101\}$, $o\{11\bar{1}\}$; sie unterscheiden sich der Ausbildung nach in zwei verschiedene Typen: tafelförmig nach der Symmetrieebene (s. Fig. 803) oder nach der Symmetrieaxe prismatisch (s. Fig. 804). Die tafelförmigen Krystalle enthielten $(NH_4)_2O$ und $ZnO$ im Verhältnisse 9 : 2, die prismatischen im Verhältnisse 5 : 1.

Fig. 803.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *60°20′ |
| $s:a = (101):(100) =$ | — | *59 3 |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *25 54 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 77°29′ | 77 31 |
| $s:m = (101):(110) =$ | 77 1 | 76 57 |
| $o:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 43 42 | 43 47 |
| $o:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 59 56 | 59 44 |

Fig. 804.



Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene und ca. 10° gegen die Verticalaxe im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt; $2H = 71\frac{1}{2}°$ für *Na*-Licht (Fueß-Adamsscher Apparat), Dispersion $\varrho > v$.

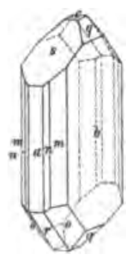
## Ammoniumcadmiumdithionat = $S_2O_6[(NH_4)_2, Cd) . 1\frac{1}{2}H_2O(?)$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 2{,}1299 : 1 : 1{,}2263; \quad \beta = 90°49' \text{ Fock}[3]).$$

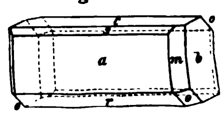
Aus der Lösung gleicher Teile der Componenten krystallisiert nach Fock (l. c. 352) im wesentlichen nur das Doppelsalz, welches $2(NH_4)_2O$ auf $1\,CdO$ enthält. Die meist unvollkommenen Krystalle zeigen die Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $s\{101\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $n\{210\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $o\{11\bar{1}\}$ und sind teils tafelförmig nach der Symmetrieebene (s. Fig. 805), teils nach der Symmetrieaxe verlängert (s. Fig. 806).

Fig. 805.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *60° 41′ |
| $s:a = (101):(100) =$ | — | *59 28 |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *25 9 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 77°59′ | 77 52 |
| $s:m = (101):(110) =$ | 77 32 | 77 32 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 89 29 | 89 32 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 45 9 | 45 17 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 45 46 | 45 51 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 101 36 | 101 35 |
| $q:s = (011):(101) =$ | 56 29 | 56 42 |
| $q:r' = (011):(\bar{1}01) =$ | 56 51 | 56 52 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 89 11 | 89 30 ca. |
| $n:a = (210):(100) =$ | 46 48 | 46 39 |

Fig. 806.



Spaltbarkeit nicht beobachtet.

### Baryumdithionat-Dihydrat = $S_2O_6Ba . 2H_2O$.

Spec. Gew. 3,124 Goßner.
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9398:1:1{,}3813; \quad \beta = 111^\circ 21'$ Goßner.

Das Salz zeigt große Neigung zum Wechsel in der Ausbildung und wurde von den verschiedenen Beobachtern in recht verschiedenen Combinationen erhalten. Goßner (Privatmitteilung) erhielt aus der warm gesättigten, rein wässerigen Lösung beim langsamen Abkühlen die Combination $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $n\{120\}$, $b\{010\}$ in verschiedener Ausbildung; bei 50° entstanden große, nach der Kante $[10\bar{1}:11\bar{1}]$ (Fig. 807) verlängerte, bei 30° nach $a\{100\}$ dicktafelige Krystalle (Fig. 808). Die bei ziemlich raschem Abkühlen einer bei ungefähr 35° gesättigten wässerigen Lösung erhaltenen kleinen Krystalle (Fig. 809) erschienen als stark verkürzte sechsseitige Prismen $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, mit $q\{011\}$, $m\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ als Endigung; $b\{010\}$ fand sich nur untergeordnet, $n\{120\}$ selten. $a\{100\}$ war bei allen Krystallisationen, obwohl fast immer stark hervortretend, schlecht ausgebildet und wies unregelmäßige gerundete Erhöhungen und Vertiefungen auf. Nach v. Lang[27]), der ein von Hauer dargestelltes Präparat gemessen hat, zeigen die zunächst aus der Lösung entstehenden kleinen Krystalle nur die Formen $\sigma\{20\bar{1}\}$ und $c\{001\}$ herrschend;

Fig. 807.

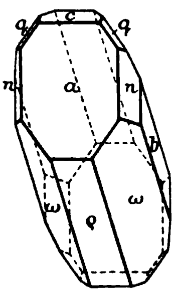



Fig. 808.

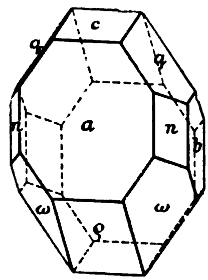



Fig. 809.

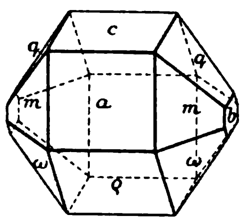



Fig. 810.

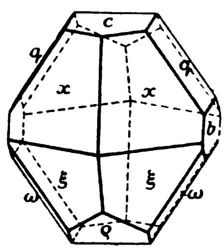
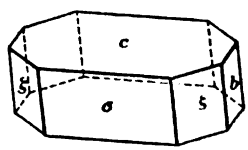



Fig. 811.




außerdem $y\{24\bar{3}\}$; bei weiterem Wachstum tritt $q\{011\}$ an Stelle von $y\{24\bar{3}\}$, und schließlich treten in meist schlechter Ausbildung $x\{722\}$ und $\xi\{7\bar{2}\bar{2}\}$ an Stelle von $\sigma\{20\bar{1}\}$; untergeordnet kommen dazu noch $\varrho\{10\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ (Fig. 810) und $n\{120\}$ an den größeren Krystallen. Fig. 811 stellt eine nur einmal wahrgenommene, nach der $b$-Axe prismatisch verlängerte Combination $c\{001\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $\zeta\{22\bar{1}\}$ und $b\{010\}$ dar. Nach der $b$-Axe prismatisch verlängerte Krystalle haben auch Heeren[12]), Rammelsberg[28]), welcher sie als rhombisch beschrieb, und Sénarmont[29]) beobachtet; die insgesamt

27) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien 1862, 45 (II), 28.

28) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 72.

29) Sénarmont in Rammelsberg, Die neuesten Forsch. i. d. krystallogr. Chemie, Suppl. z. Handb. d. krystallogr. Chemie. Leipzig 1857, 29.

von ihnen gefundenen Formen sind: $\sigma\{20\bar{1}\}$ und $c\{001\}$ herrschend, ferner $\zeta\{22\bar{1}\}$, $z\{221\}$, $y\{24\bar{3}\}$, $b\{010\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $k\{021\}$ und $i\{24\bar{1}\}$, bezogen auf die von v. Lang vorgeschlagene und hier beibehaltene Aufstellung. Fock[3]) (l. c. 346) erhielt aus Lösungen mit Natriumdithionat nach der $a$-Axe verlängerte dicke Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Formen $q\{011\}$, $t\{012\}$, $s\{201\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $z\{221\}$ und $\zeta\{22\bar{1}\}$; der geringe Natriumgehalt der schlecht ausgebildeten, trüben Krystalle ist wohl als mechanische Beimengung aufzufassen. Krystalle aus Lösungen mit Silberdithionat, welche bei der Analyse einen beträchtlichen Gehalt an Silbersalz ergaben, waren stark verlängerte Prismen $q\{011\}$, deren eines Kantenpaar schmal durch $c\{001\}$ abgestumpft war, während am Ende $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ auftraten. Die Krystalle waren in beiden Fällen in der Regel Zwillinge nach $c\{001\}$. Krystalle aus lithiumhaltigen Lösungen waren z. Teil prismatisch nach der $a$-Axe, z. Teil tafelig nach $c\{001\}$ und dann nach der $a$- oder nach der $b$-Axe verlängert und mehr oder weniger ähnlich jenen aus natriumhaltiger Lösung. Hankel und Lindenberg[30]) bildeten in Fig. IIa und b Taf. I l. c. Krystalle ab, welche nach einem zu $\{010\}$ senkrechten Pinakoide tafelförmig erscheinen; da sie aber keine Messungen angeben, können die Symbole der von ihnen beobachteten Formen nicht bestimmt werden.

| | Berechnet: | Beobachtet: Goßner: | v. Lang: | Heeren: | Rammelsb.: | Sénarm.: | Fock: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\varrho':c=(\bar{1}01):(001)=$ | — | *71° 15′ | 71° 28′ | 71° 21′ | — | — | 71° 20′ |
| $\sigma:c=(20\bar{1}):(001)=$ | 89° 9′ | — | 88 52 | 89 15 | — | — | 88 4 |
| $s:c=(201):(001)=$ | 53 15 | — | — | — | — | — | 53 0 ca. |
| $m:c=(110):(001)=$ | 74 6 | — | — | — | — | — | — |
| $n:c=(120):(001)=$ | 79 36 | 79 34 | — | — | — | — | — |
| $q:c=(011):(001)=$ | — | *52 8½ | 52 42 | 52 28 | 52° 0′ ca. | — | 52 11 |
| $t:c=(012):(001)=$ | 32 45 | — | — | — | — | — | 32 29 |
| $k:c=(021):(001)=$ | 68 46 | — | — | — | — | 70° 30′ ca. | — |
| $m:b=(110):(010)=$ | 48 48 | 48 40 | — | — | — | — | — |
| $n:b=(120):(010)=$ | 29 44 | 29 39 | 29 17 | — | — | — | — |
| $\omega:b=(11\bar{1}):(010)=$ | — | *48 20 | 49 0 | — | — | — | 48 19 |
| $\omega':c=(\bar{1}11):(001)=$ | 76 6 | 76 1 | — | 76 18 | — | — | — |
| $\omega:a=(11\bar{1}):(100)=$ | 55 9 | 55 3 | — | — | — | — | — |
| $\omega':q=(\bar{1}11):(011)=$ | 47 45 | 47 47 | 47 48 | — | — | — | 47 42 |
| $q:\varrho=(011):(\bar{1}01)=$ | 78 37 | 78 46 | — | — | — | — | — |
| $q:n=(011):(120)=$ | 37 13 | 37 20 | 37 41 | — | — | — | — |
| $\omega:n=(11\bar{1}):(120)=$ | 30 37 | 30 45 | 30 6 | — | — | — | — |
| $x:b=(722):(010)=$ | 77 18 | — | — | — | — | — | — |
| $x:q=(722):(011)=$ | 61 13 | — | 60 52 | — | — | — | — |
| $\xi:b=(72\bar{2}):(010)=$ | 75 31 | — | — | — | — | — | — |
| $\xi:\omega=(72\bar{2}):(11\bar{1})=$ | 37 1 | — | 37 0 | — | — | — | — |
| $z:b=(221):(010)=$ | 53 1 | — | — | — | — | 49 50 | 54 0 ca. |
| $z:c=(221):(001)=$ | 61 27 | — | — | — | 61 30 | 63 20 | — |
| $\zeta:c=(22\bar{1}):(001)=$ | 89 23 | — | — | — | — | — | 88 50 |
| $\zeta:b=(22\bar{1}):(010)=$ | 46 47 | — | — | 48 0 ca. | 47 40 | — | 47 45 |
| $y:b=(24\bar{3}):(010)=$ | 32 49 | — | — | — | 33 30 | — | — |
| $y:c=(\bar{2}43):(001)=$ | 72 10 | — | 72 7 | 71 45 | — | — | — |
| $i:b=(24\bar{1}):(010)=$ | 28 1 | — | — | — | — | 25 45 | — |
| $q:s=(011):(201)=$ | 68 27 | — | — | — | — | — | 68 30 ca. |
| $q:\sigma=(011):(20\bar{1})=$ | 89 29 | — | — | — | — | — | 88 40 |

30) Hankel u. Lindenberg, Abh. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig 1894, **21**, 28. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 516.

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, ferner nach Rammelsberg auch noch nach $\xi\{22\bar{1}\}$ und nach Sénarmont nach $b\{010\}$ unvollkommen.

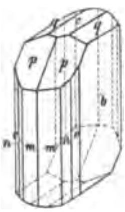
Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Brio[31]) $13\frac{1}{4}^{\circ}$ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; Brechungsindices nach Demselben:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ ber. | $2V$ (a. $2H_a$ u. $2H_o$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Rot: | 1,5848 | 1,5935 | 1,6055 | 81° 22¾′ | 83° 6′—83° 31′ |
| Gelb: | 1,5860 | 1,5951 | 1,6072 | 82 26 | 84 28 —84 37½ |
| Grün: | 1,5881 | 1,5976 | 1,6090 | 83 34 | 87 18 —87 38 |

Hankel und Lindenberg fanden, daß die S. 703 erwähnten Krystalle beim Abkühlen in der Mitte positiv, an den beiden Enden der $b$-Axe negativ elektrisch wurden.

**Ammoniumdicupridithionat-Oktohydrat = $(S_2O_6)_2Cu_2(NH_4)_2 \cdot 8H_2O$.**

Fig. 812.



Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0,6874 : 1 : 0,3549; \quad \beta = 95^{\circ}30'$ Fock[3]).

Entsteht nach Fock (l. c. 360) aus der Lösung der Componenten im Verhältnisse der Formel; aus einer Lösung gleicher Mengen scheidet sich nur das Ammoniumsalz ab. Große hellblaue Krystalle der Combination (Fig. 812): $b\{010\}$, $m\{110\}$, $p\{111\}$, $q\{011\}$, $n\{120\}$, $e\{130\}$, $c\{001\}$ meist kurzprismatisch, seltener tafelförmig nach $b\{010\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m : m$ | $= (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *68° 46′ |
| $q : q$ | $= (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *38 54 |
| $m : c$ | $= (110) : (001) =$ | — | *85 28 |
| $n : b$ | $= (120) : (010) =$ | 36° 11′ | 36 11 |
| $e : b$ | $= (130) : (010) =$ | 25 58 | 26 0 |
| $n : c$ | $= (120) : (001) =$ | 86 45 | 86 42 |
| $e : c$ | $= (130) : (001) =$ | 87 36 | 87 32 |
| $q : m$ | $= (011) : (110) =$ | 74 46 | 74 45 |
| $q : m'$ | $= (011) : (\bar{1}10) =$ | 83 29 | — |
| $q : n$ | $= (011) : (120) =$ | 71 12 | 71 23 |
| $q : n'$ | $= (011) : (\bar{1}20) =$ | 77 33 | 77 45 |
| $q : e$ | $= (011) : (130) =$ | 70 11 | 70 18 |
| $q : e'$ | $= (011) : (\bar{1}30) =$ | 74 57 | — |
| $p : p$ | $= (111) : (1\bar{1}1) =$ | 33 38 | 33 39 |
| $p : c$ | $= (111) : (001) =$ | 30 43 | 30 40 |
| $p : n$ | $= (111) : (120) =$ | 58 2 | 57 57 |
| $p : e$ | $= (111) : (130) =$ | 61 20 | 61 36 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie ca. 22° zur $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt; $2H = 72^{\circ}$ (Adam-Fueßscher Apparat), Dispersion $\varrho > v$.

**Manganodithionat-Trihydrat = $S_2O_6Mn \cdot 3H_2O$.**

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,4906 : 1 : 0,5562$ Guthe[32]).

Bildet sich nach Kraut[32]) beim Verdunsten der Lösung. Beobachtete Combination: $o\{111\}$, $n\{120\}$, $c\{001\}$.

31) Brio, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1867, **55** (II), 145.

32) Kraut (Krystallbest. v. Guthe), Annalen der Chemie 1861, **118**, 98.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *40° 24′ |
| $o : o' = (111) : (\bar{1}11) =$ | — | *89 28 |
| $o : c = (111) : (001) =$ | 51° 38′ | — |
| $n : n = (120) : (1\bar{2}0) =$ | 88 54 | 88 47 |

### Calciumdithionat-Tetrahydrat = $S_2O_6Ca.4H_2O$.

Spec. Gew. 2,180 Topsøe[32a]), 2,175 Baker[22]), 2,183 Goßner (Privatmitt.).
Trigonal trapezoëdrisch.

$\alpha = 81° 42'$ ($a : c = 1 : 1,500$ Topsøe[32a])).

Die Krystalle sind sechsseitige Tafeln $c\{111\}$, mit den Randflächen $r\{100\}$ und $\varrho\{22\bar{1}\}$, gewöhnlich gleich groß als hexagonale Bipyramide ausgebildet; Topsøe beobachtete außerdem noch schmale Flächen von $\{711\}$ und $\{55\bar{1}\}$, sowie Zwillingsbildung nach $c\{111\}$.

$r : c = (100) : (111) =$ *60° 3′ beob.

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ unvollkommen.

Ätzfiguren nach Baumhauer[33]) auf $c\{111\}$ trigonal (durch Vorherrschen eines Rhomboëders) bis hexagonal (durch gleich große Ausbildung zweier correlater Rhomboëder), auf $r\{100\}$ und $\varrho\{22\bar{1}\}$ monosymmetrisch durch Combination eines steileren Rhomboëders mit zwei correlaten Trapezoëdern, bzw. mit einem Skalenoëder.

Doppelbrechung negativ; Topsøe und Christiansen[16]) (l. c. 663 bzw. 35 und 526) fanden den Brechungsindex $\omega$ für $C = 1,5468$, für $D = 1,5496$, für $F = 1,5573$.

Drehungsvermögen nach Pape[34]) = 2° 1′ für Grün.

Wärmeleitung nach V. v. Lang[35]) positiv, aber nur wenig verschieden parallel und senkrecht zur Hauptaxe. Die Verwitterungsfiguren auf den Rhomboëderflächen fand Pape[36]) kreisförmig, Sohncke[37]) dagegen elliptisch, entsprechend einem abgeplatteten Rotationsellipsoid mit dem Axenverhältnisse $c : a = 1 : 1,2$.

### Strontiumdithionat-Tetrahydrat = $S_2O_6Sr.4H_2O$.

Spec. Gew. 2,373 Topsøe[10]), 2,348 Goßner (Privatmitt.).
Trigonal trapezoëdrisch.

$\alpha = 81° 47'$ ($a : c = 1 : 1,5024$ Heeren[12])).

Dieses zuerst von Heeren (l. c. 177) beschriebene Salz bildet hexagonale Tafeln $c\{111\}$, begrenzt von einer hexagonalen Bipyramide, der Combination der beiden gleich groß ausgebildeten Rhomboëder $r\{100\}$ und $\varrho\{22\bar{1}\}$, deren Flächen gestreift und daher nicht genau meßbar sind. Heeren fand den Winkel $r : c = (100) : (111) =$ *60° 0′, Sénarmont[38]) an sehr dünnen Tafeln = 59° 57′. Hankel und Lindenberg[30]) (l. c. 31) beobachteten trigonale Trapezoëder u. a. Formen, gaben aber keine Messungen an.

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ unvollkommen.

---

32a) S. Anm. 53) S. 709.

33) Baumhauer, Zeitschr. f. Krystall. 1877, **1**, 55.

34) Pape, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1870, **139**, 233.

35) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1866, **54** (II), 172.

36) Pape, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1865, **125**, 557.

37) Sohncke, Zeitschr. f. Krystall. 1880, **4**, 230.

38) H. de Sénarmont, Ann. chim. phys. 1851, (3) **33**, 403. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1852, **86**, 48.

Ätzfiguren ähnlich denen des Calciumsalzes (Baumhauer l. c. 56).
Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[16]:

| | | |
|---|---|---|
| für $C$: | $\omega = 1{,}5266$ | $\varepsilon = 1{,}5232$ |
| » $D$: | $1{,}5296$ | $1{,}5252$ |
| » $F$: | $1{,}5371$ | $1{,}5312$ |

Fock[39]) fand für $D$: $\omega = 1{,}5293$, $\varepsilon = 1{,}5252$.

Das Drehungsvermögen fand Pape nur = $1^\circ 6'$, doch beträgt dasselbe nach Bodländer[40]) für Gelb mindestens $3^\circ 39'$ (der höchste von ihm gefundene Wert), da die Krystalle kaum jemals frei von eingelagerten Lamellen von entgegengesetzter Drehung sind.

Die Verwitterungsfläche ist nach Sohncke[37]) (l. c. 227) ein abgeplattetes Ellipsoid mit dem Axenverhältnisse $c : a = 1 : 1{,}199$.

Die Diagonalen der hexagonalen Tafeln sind elektrische Axen, deren analoge Pole an den Ecken liegen, an welchen Trapezoëder auftreten (Hankel und Lindenberg[30])).

### Bleidithionat-Tetrahydrat = $S_2O_6Pb.4H_2O$.

Spec. Gew. 3,245 Topsøe[10]), 3,259 Baker[22]), 3,199 Goßner (Privatmitt.).
Trigonal trapezoëdrisch.

$$\alpha = 81^\circ 19' (a : c = 1 : 1{,}5160 \text{ Březina}^{41}))$$

Nach der ältesten Beschreibung des Salzes durch Heeren[12]) (l. c. 184) zeigen die Krystalle die Formen $r\{100\}$, $c\{111\}$, untergeordnet $\varrho\{22\bar{1}\}$, $n\{5\bar{1}\bar{1}\}$, z. Teil in trigonal-bipyramidaler Ausbildung (jedenfalls Zwillinge nach $c\{111\}$). Flächenreichere Combinationen untersuchte Groth[42]), welcher folgende Formen beobachtete: $c\{111\}$, $s\{411\}$, $t\{711\}$, $r\{100\}$, $\varrho\{22\bar{1}\}$, $u\{5\bar{1}\bar{1}\}$, $v\{11\bar{1}\}$ und $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$; Zwillinge nach $c\{111\}$ von trigonal-bipyramidalem Habitus. Die vollständigste Untersuchung stellte Březina an; nach ihm bilden sich bei freiwilliger Verdunstung der kalt gesättigten Lösung außer der gewöhnlichen, nach $c\{111\}$ tafelförmigen Combination mit $r\{100\}$ und $\varrho\{22\bar{1}\}$ auch rhomboëdrische durch Vorherrschen von $r\{100\}$; untergeordnet wurden außer den bereits angeführten und einigen nicht sicher bestimmbaren Formen (darunter auch ein trigonales Trapezoëder) noch beobachtet: $d\{522\}$, $\delta\{110\}$, $\tau\{55\bar{1}\}$, ferner Formen 2. Art in den folgenden beiden enantiomorphen Combinationen: Fig. 813a (rechtsdrehend): $c\{111\}$, $r\{100\}$, $\varrho\{22\bar{1}\}$, $p\{52\bar{1}\}$, $\pi\{5\bar{1}2\}$, $\varkappa\{201\}$, $\omega\{4\bar{2}1\}$, $\nu\{1\bar{1}0\}$;

Fig. 813a.

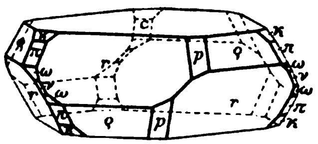


Fig. 813b.

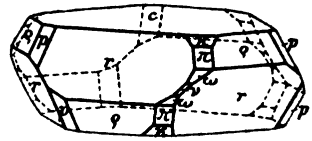


Fig. 813b (linksdrehend): $c\{111\}$, $r\{100\}$, $\varrho\{22\bar{1}\}$, $p\{5\bar{1}2\}$, $\pi\{52\bar{1}\}$, $\varkappa\{210\}$, $\omega\{41\bar{2}\}$, $\nu\{10\bar{1}\}$. Außer den Zwillingen zweier entgegengesetzt drehender

39) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 598.

40) Bodländer, Opt. Drehungsvermögen isom. Misch. d. Dithion. v. Blei u. Strontium. Dissert. Breslau 1882, 25. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 9, 310.

41) Březina, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1871, 64 (I), 289.

42) Groth, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1868, 135, 663.

Krystalle nach $c\{111\}$ kommen noch sehr häufig solche zweier gleichdrehender nach dem beim Quarze gewöhnlichen Gesetze vor.

| | Berechnet: | Beobachtet: Březina: | Groth: |
|---|---|---|---|
| $d:c = (522):(111) =$ | 30° 22′ | 30° 26½′ | — |
| $s:c = (411):(111) =$ | 41 18¾ | 41 17 | 41° 0′ ca. |
| $t:c = (711):(111) =$ | 49 31½ | 49 41 | 48 0 » |
| $r:c = (100):(111) =$ | 60 22 | 60 17⅓ | 60 15 |
| $u:c = (5\bar{1}\bar{1}):(111) =$ | 74 7⅓ | 74 15½ | 74 0 |
| $x:c = (201):(111) =$ | 45 25½ | 45 25 | — |
| $p:c = (52\bar{1}):(111) =$ | 56 42 | 56 40 | — |
| $\omega:c = (4\bar{2}1):(111) =$ | 71 49 | 72 20 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit; dementsprechend sind die Härtecurven, welche Exner[43]) auf $c\{111\}$, $r\{100\}$ und auf künstlich hergestellten Prismenflächen bestimmte, nicht von Kreisen zu unterscheiden. Keine deutlichen Ätzfiguren (Baumhauer).

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[16]):

| | | |
|---|---|---|
| für $C$: | $\omega = 1{,}6295$ | $\varepsilon = 1{,}6492$ |
| » $D$: | 1,6351 | 1,6531 |
| » $F$: | 1,6481 | 1,6666 |

Klocke[44]) und Wyrouboff[45]) beobachteten optische Anomalien.

Drehungsvermögen nach Pape[34]) (l. c. 229):

für $C$: 4°,09, für $D$: 5°,53, für $E$: 7°,25, für $F$: 8°,88.

Wärmeleitung nach Lang[36]) (l. c. 173) parallel und senkrecht zur Hauptaxe nahe gleich, jedoch letztere etwas kleiner.

Die Verwitterungsfläche ist nach Sohncke[37]) (l. c. 231) ein nach der Hauptaxe verlängertes Ellipsoid mit dem Axenverhältnisse $c:a = 1{,}100$.

## Baryumdithionat-Tetrahydrat = $S_2O_6Ba.4H_2O$.

Spec. Gew. 3,142 Topsøe[10]), 3,055 Stephan[46]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}2215:1:1{,}1272$; $\beta = 94°16'$ Marignac[47]).

Nach Walchner[48]) und Heeren[12]), (l. c. 175), welche die Krystalle für rhombisch hielten, Combinationen des Prismas $m\{110\}$ mit einer Bipyramide $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$. Marignac beobachtete die Formen: $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$. Die bei niederer Temperatur sich bildenden Krystalle verwittern in trockener Luft.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Heeren: | Walchner: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *101° 14′ | 102° ca. | 101½° ca. |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 96° 42′ | — | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 77 7 | 77 6 | — | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 81 18 | 81 14 | — | — |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 63 1 | 62 46 | — | — |

43) Exner, Untersuch. üb. d. Härte an Krystallflächen. Preisschr. Wien 1873, 48.
44) Klocke, N. Jahrb. f. Min. usw. 1880, 2, 97. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 6, 106.
45) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1884, 7, 49. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 11, 204.
46) Stephan in Clarke, Spec. Grav. f. Solids etc. Washington 1888, 75.
47) Ch. de Marignac, Mém. Soc. Phys. Genève 1855, 14, 226. Oeuvres 1, 374.
48) Walchner, Schweiggers Journ. f. Chem. u. Phys. 1826, 47, 245.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Heeren: | Walchner: |
|---|---|---|---|---|
| $\xi : \xi = (11\bar{2}) : (1\bar{1}\bar{2})$ = | 55° 26′ | 55° 26′ | — | — |
| $m : c = (110) : (001)$ = | 87 17 | 87 17 | — | — |
| $a : c = (100) : (001)$ = | — | *85 44 | — | — |
| $r : c = (101) : (001)$ = | — | *40 44 | — | — |
| $o : c = (111) : (001)$ = | 53 39 | 53 40 | 55° ca. | 55° ca. |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001)$ = | 57 20 | 57 16 | | |
| $\xi' : c = (\bar{1}12) : (001)$ = | 36 57 | 36 55 | — | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$.

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $\{010\}$ und sehr nahe parallel einer Fläche $\{201\}$; $2V = 87°20'$ rot, $89°42'$ grün; $\beta = 1{,}532$ rot (Wyrouboff[49]).

**Baryumdithionat-Baryumchlorid-Tetrahydrat** = $S_2O_6Ba . BaCl_2 . 4H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}6720 : 1 : 0{,}6398 \text{ Fock}^{50)}.$$

$$\alpha = 107°12', \quad \beta = 98°11', \quad \gamma = 90°57\tfrac{1}{2}'.$$

Dargestellt von Klüß[50]. Farblose kurzprismatische Combinationen von $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$, $f\{0\bar{2}1\}$, $x\{0\bar{1}1\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$; die letzten beiden Formen selten und sehr klein ausgebildet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100) : (010)$ = | — | *86° 26′ |
| $a : c = (100) : (001)$ = | — | *81 8 |
| $b : c = (010) : (001)$ = | — | *72 28 |
| $m : a = (110) : (100)$ = | — | *33 40 |
| $r : a = (101) : (100)$ = | — | *42 53 |
| $\mu : a = (1\bar{1}0) : (100)$ = | 36° 0′ | 35 57 |
| $m : c = (110) : (001)$ = | 73 8 | 73 5 |
| $\mu' : c = (\bar{1}10) : (001)$ = | 87 18 | 87 21 |
| $r : b = (101) : (010)$ = | 75 44 | 75 52 |
| $q : b = (011) : (010)$ = | 45 35 | 45 39 |
| $q : a = (011) : (100)$ = | 81 40 | 81 43 |
| $m : r = (110) : (101)$ = | 43 50 | 43 55 |
| $\mu : r = (1\bar{1}0) : (101)$ = | 61 40 | 61 33 |
| $f : a = (0\bar{2}1) : (100)$ = | 86 56 | 86 52 |
| $f : b' = (0\bar{2}1) : (0\bar{1}0)$ = | 44 39 | 44 45 |
| $x : b' = (0\bar{1}1) : (0\bar{1}0)$ = | 70 47 | 70 56 |
| $x : a = (0\bar{1}1) : (100)$ = | 83 28 | 83 27 |
| $q : m = (011) : (110)$ = | 59 42 | 59 46 |
| $q : \mu' = (011) : (\bar{1}10)$ = | 73 10 | 73 7 |
| $f : m' = (0\bar{2}1) : (\bar{1}\bar{1}0)$ = | 69 28 | 69 35 |
| $f : \mu = (0\bar{2}1) : (1\bar{1}0)$ = | 62 14 | 62 29 |
| $x : m' = (0\bar{1}1) : (\bar{1}\bar{1}0)$ = | 84 43 | 84 50 |
| $x : \mu = (0\bar{1}1) : (1\bar{1}0)$ = | 73 20 | 73 20 |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (100)$ = | 51 37 | 51 52 |
| $\omega : b = (11\bar{1}) : (010)$ = | 72 19 | 72 24 |
| $\omega : m = (11\bar{1}) : (110)$ = | 49 36 | 49 15 |
| $\omega : \mu = (11\bar{1}) : (1\bar{1}0)$ = | 69 45 | 69 53 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

49) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1885, **8**, 84. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **12**, 313.
50) Fock u. Klüß, Ber. d. d. chem. Ges. 1890, **23**, 3001.

### Cupridithionat-Pentahydrat = $S_2O_6Cu.5H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}9527:1:0{,}5790 \text{ Topsøe}^{51)}.$$
$$\alpha = 105^\circ 32\tfrac{1}{2}', \quad \beta = 117^\circ 34\tfrac{1}{2}', \quad \gamma = 65^\circ 37'.$$

Das von Topsøe dargestellte Salz bildet bei langsamer Verdunstung der Lösung große tafelige oder kurzprismatische Krystalle mit den Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, selten auch $\omega\{11\bar{1}\}$. Wahrscheinlich sind damit identisch die Krystalle, welche von Handl[52]) als unterschwefelsaures Kupfer (ohne Angabe des Wassergehaltes) gemessen wurden und deren Winkel z. Teil mit den unten folgenden übereinstimmen; die Angaben reichen jedoch nicht aus, um die beobachtete Combination auf die von Topsøe untersuchte zurückzuführen. Einige Messungen führt auch Rammelsberg[21]) an, welcher außerdem obige Formel bestätigte.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *109° 46′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *66 20 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *84 32 |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *60 13½ |
| $m:c = (110):(001) =$ | 63° 26′ | 63 25 |
| $\varrho':b = (\bar{1}01):(010) =$ | — | *70 43½ |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 75 14 | 75 16 |
| $\omega':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 42 10 | — |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 74 19½ | 74 17 |
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 34 57 | 35 24 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 91 49 | 91 57 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ ziemlich vollkommen.

### Magnesiumdithionat-Hexahydrat = $S_2O_6Mg.6H_2O$.

Spec. Gew. 1,666 Topsøe[53]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6997:1:1{,}0144 \text{ Topsøe}^{53)}.$$
$$\alpha = 89^\circ 32', \quad \beta = 118^\circ 10', \quad \gamma = 93^\circ 21'.$$

Das von Topsøe dargestellte Salz bildet kleine gestreifte Prismen $b\{010\}$, $m\{110\}$, seltener mit $\mu\{1\bar{1}0\}$; als Endflächen treten entweder $c\{001\}$ und $u\{1\bar{1}\bar{2}\}$ oder $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $v\{11\bar{2}\}$ auf.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *63° 17′ |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *60 56 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *91 16 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 66° 18′ | 66 30 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *66 15 |
| $\varrho:b = (10\bar{1}):(010) =$ | 86 34 | 87 7 |
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 50 3 | 49 54 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 51 26 | 52 30 ca. |
| $u:b' = (1\bar{1}\bar{2}):(0\bar{1}0) =$ | 62 49 | 62 28 |

51) Topsøe, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1874, 69 (II), 277.

52) Handl, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1857, 27, 171.

53) Topsøe, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1872, 66 (II), 22.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $u : m = (1\bar{1}\bar{2}) : (110) =$ | — | *90° 26′ |
| $v : b = (11\bar{2}) : (010) =$ | 65° 9′ | 64 0 ca. |
| $u' : c = (\bar{1}12) : (001) =$ | 51 7 | 51 25 |
| $v : m = (11\bar{2}) : (110) =$ | 66 59 | 65 50 ca. |
| $v : \mu = (11\bar{2}) : (1\bar{1}0) =$ | 91 43 | 91 35 |
| $v : \varrho = (11\bar{2}) : (10\bar{1}) =$ | 41 40 | 41 50 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$ sehr vollkommen, nach $b\{010\}$ gut.

### Manganodithionat-Hexahydrat = $S_2O_6Mn . 6H_2O$.

Spec. Gew. 1,757 Topsøe[53]).
Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}6940 : 1 : 1{,}0307 \text{ Marignac}^{47)}.$$
$$\alpha = 86^\circ 32', \qquad \beta = 117^\circ 24', \qquad \gamma = 95^\circ 4'.$$

Marignac (l. c. 227 bzw. 375) erhielt das Salz in dünnen Prismen: $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$ mit den oft nicht ausgebildeten Endflächen $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$. Topsøe (l. c. 21) stellte einige Messungen an Spaltungsflächen an.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marignac: | Beobachtet: Topsøe: |
|---|---|---|---|
| $m : b = (110) : (010) =$ | — | *61° 10′ | 61° 16′ |
| $\mu : b' = (1\bar{1}0) : (0\bar{1}0) =$ | — | *55 30 | 55 14 |
| $b : c = (010) : (001) =$ | 91° 17′ | 92 0 ca. | — |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | — | *76 30 | — |
| $\varrho : b = (10\bar{1}) : (010) =$ | — | *86 40 | — |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | 49 2 | 49 20 | — |
| $\varrho : \mu = (10\bar{1}) : (1\bar{1}0) =$ | — | *50 40 | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$ sehr vollkommen, nach $b\{010\}$ gut.

### Nickeldithionat-Hexahydrat = $S_2O_6Ni . 6H_2O$.

Spec. Gew. 1,908 Topsøe[53]).
Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 0{,}6968 : 1 : 1{,}0184 \text{ Topsøe}^{53)}.$$
$$\alpha = 89^\circ 29', \qquad \beta = 118^\circ 15\tfrac{1}{2}', \qquad \gamma = 93^\circ 37'.$$

Das von Topsøe (l. c. 255) dargestellte Salz bildet prismatische Krystalle der Combination $\mu\{1\bar{1}0\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$ mit den Endflächen $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $u\{1\bar{1}\bar{2}\}$ und $v\{11\bar{2}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : \mu = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *63° 2′ |
| $m : b = (110) : (010) =$ | — | *61 18 |
| $q : b = (011) : (010) =$ | 48° 48′ | 48 10 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 51 1 | 51 30 ca. |
| $\varkappa : \mu = (0\bar{1}1) : (1\bar{1}0) =$ | 47 58 | 50 0 » |
| $\varrho : b = (10\bar{1}) : (010) =$ | 86 46 | 86 46 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | — | *51 12 |
| $\varrho : \mu = (10\bar{1}) : (1\bar{1}0) =$ | — | *49 40 |
| $u : m = (1\bar{1}\bar{2}) : (110) =$ | 90 9 | 90 0 |
| $u : \mu = (1\bar{1}\bar{2}) : (1\bar{1}0) =$ | 62 19 | 62 50 |
| $u : b' = (1\bar{1}\bar{2}) : (0\bar{1}0) =$ | 62 38 | 61 30 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $v:m = (11\bar{2}):(110) =$ | 64° 51′ | 64° 0′ |
| $v:\mu = (11\bar{2}):(1\bar{1}0) =$ | 91 30 | 91 32 |
| $v:\varrho = (11\bar{2}):(10\bar{1}) =$ | — | *41 50 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ und $\{1\bar{1}0\}$ sehr vollkommen, nach $b\{010\}$ gut.

### Zinkdithionat-Hexahydrat = $S_2O_6Zn.6H_2O$.

Spec. Gew. 1,915 Topsøe[53]).

Topsøe (l. c. 25) erhielt nur Nadeln ohne Endflächen; seine Messungen zeigen indessen die Isomorphie mit den vorhergehenden Salzen.

$m:\mu = (110):(1\bar{1}0) = 62°58'$ beob.
$m:b = (110):(010) = 61\ 18$ »

Spaltbarkeit wie bei den vorhergehenden Salzen.

### Cadmiumdithionat-Hexahydrat = $S_2O_6Cd.6H_2O$.

Spec. Gew. 2,272 Topsøe[53]).

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,2030:1:0,9797$ Topsøe[53]).

$\alpha = 96°15'$, $\beta = 107°52'$, $\gamma = 66°55'$.

Nach Topsøe (l. c. 26) große wasserhelle Krystalle der Combination: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, untergeordnet: $\varkappa\{0\bar{1}1\}$ und $\xi\{21\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *112° 17½′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *73 13 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *90 45 |
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *62 9 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 76° 50′ | 76 57 |
| $\varkappa:c = (0\bar{1}1):(001) =$ | 45 1 | 45 5 |
| $\xi':c = (\bar{2}\bar{1}1):(001) =$ | — | *72 23 |
| $\xi:a = (21\bar{1}):(100) =$ | 49 20 | 49 24 |
| $\xi:b = (21\bar{1}):(010) =$ | 77 34 | 77 20 |
| $\xi':\varkappa = (\bar{2}\bar{1}1):(0\bar{1}1) =$ | 68 41 | 68 20 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ sehr vollkommen, nach $m\{110\}$ gut.

### Ferrodithionat-Heptahydrat = $S_2O_6Fe.7H_2O$.

Spec. Gew. 1,875 Topsøe[53]).

Triklin (wahrscheinlich asymmetrisch).

$a:b:c = 0,4498:1:0,4243$ Topsøe[53]).

$\alpha = 120°36'$, $\beta = 107°10\frac{1}{2}'$, $\gamma = 70°38\frac{1}{2}'$.

Die von Topsøe (l. c. 28) dargestellten hellgrünen Krystalle zeigen die Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $\zeta\{12\bar{1}\}$ in häufig unvollzähliger Ausbildung; zuweilen Combinationen aller genannten Formen und außerdem $\tau\{0\bar{2}1\}$ und $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *102° 43½′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *81 2 |
| $b:c = (010):(001) =$ | 62° 52′ | 62 59 |
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *74 2 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\varkappa : b = (0\bar{1}1):(010) =$ | 88° 16′ | 88° 30′ |
| $\tau : c = (0\bar{2}1):(001) =$ | 51 33½ | — |
| $\varrho' : b = (\bar{1}01):(010) =$ | — | *57 51 |
| $\zeta : b = (12\bar{1}):(010) =$ | 78 12 | 78 12 |
| $r : m = (101):(110) =$ | 36 55 | 36 40 ca. |
| $m : \varkappa = (110):(0\bar{1}1) =$ | 73 1 | 73 2½ |
| $\zeta : m = (12\bar{1}):(110) =$ | 54 13½ | 54 22 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}):(110) =$ | 71 54 | 72 15 ca. |
| $\zeta : a = (12\bar{1}):(100) =$ | 60 36 | 60 38 |
| $\tau : a = (0\bar{2}1):(100) =$ | 69 19 | 71 0 ca. |
| $\varrho : a = (10\bar{1}):(100) =$ | 54 28½ | 54 10 |
| $r : a = (101):(100) =$ | 44 10 | 44 0 ca. |
| $m : c = (110):(001) =$ | — | *67 47 |
| $\zeta' : c = (\bar{1}\bar{2}1):(001) =$ | 63 10 | 62 57 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen, nach $m\{110\}$ gut.

### Kobaltodithionat-Oktohydrat = $S_2O_6Co.8H_2O$.

Spec. Gew. 1,816 Topsøe[53]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}8682:1:0{,}9748 \text{ Topsøe}^{53}).$$
$$\alpha = 94^\circ 48', \quad \beta = 108^\circ 14', \quad \gamma = 106^\circ 4'.$$

Die Krystalle, deren Farbe gleich der des Sulfates ist, sind nach Topsøe (l. c. 30) prismatisch nach $c\{001\}$ und $b\{010\}$ oder nach ersterem tafelförmig, combiniert mit $a\{100\}$ und den untergeordneten Formen $\mu\{1\bar{1}0\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100):(010) =$ | — | *74° 39′ |
| $a : c = (100):(001) =$ | — | *72 24 |
| $b : c = (010):(001) =$ | — | *89 50 |
| $\mu : a = (1\bar{1}0):(100) =$ | 45° 37½′ | 45 30 ca. |
| $\mu : c = (1\bar{1}0):(001) =$ | — | *74 25 |
| $\pi' : b = (\bar{1}11):(010) =$ | — | *62 12 |
| $\pi' : c = (\bar{1}11):(001) =$ | 62 32 | 62 22 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ sehr vollkommen, nach $b\{010\}$ vollkommen.

### Cerodithionat-Trihydrat = $(S_2O_6)_3Ce_2.3H_2O$.

Spec. Gew. 2,631 Wyrouboff[54]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}5807:1:1{,}203 \text{ Wyrouboff}^{54}).$$
$$\alpha = 89^\circ 25', \quad \beta = 96^\circ 9', \quad \gamma = 96^\circ 18'.$$

Dargestellt von Wyrouboff aus wässeriger Lösung bei Temperaturen über 20°. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $t\{021\}$, $\tau\{0\bar{2}1\}$, $x\{221\}$, $\chi\{2\bar{2}1\}$, $\zeta\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$, $y\{2\bar{2}3\}$, $z\{2\bar{2}5\}$; die beiden letzteren Flächen treten nur ganz schmal auf. Die Krystalle sind dicktafelförmig nach $\{001\}$ ausgebildet; häufig sind Zwillinge nach $\{010\}$, oft mit lamellarer Wiederholung.

54) Wyrouboff, Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 96. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 285.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c:b = (001):(010) =$ | 89° 55′ | 89° 50′ |
| $t:c = (021):(001) =$ | 67 22 | — |
| $t:\tau = (021):(0\bar{2}1) =$ | 134 52 | 134 35 |
| $x:c = (221):(001) =$ | — | *73 54 |
| $x:b = (221):(010) =$ | — | *56 44 |
| $x:\chi = (221):(2\bar{2}1) =$ | — | *57 20 |
| $\chi:c = (2\bar{2}1):(001) =$ | 72 22 | — |
| $\chi:b = (2\bar{2}1):(010) =$ | 65 56 | — |
| $\xi':c = (\bar{2}\bar{2}1):(001) =$ | 83 42 | — |
| $\xi':b = (\bar{2}\bar{2}1):(010) =$ | — | *55 28 |
| $x:\xi = (221):(22\bar{1}) =$ | — | *22 24 |
| $\zeta':c = (\bar{2}21):(001) =$ | 83 0 | 82 50 |
| $\zeta':b = (\bar{2}21):(010) =$ | 64 50 | — |
| $\xi:\zeta = (22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1}) =$ | 59 42 | 59 40 |
| $\xi:\chi = (22\bar{1}):(2\bar{2}1) =$ | 24 40 | — |
| $y':c = (\bar{2}23):(001) =$ | 60 40 | — |
| $y':b = (\bar{2}23):(010) =$ | 68 2 | — |
| $z':c = (\bar{2}25):(001) =$ | 45 0 | 44 50 |
| $z':b = (\bar{2}25):(010) =$ | 72 18 | 72 20 |
| $c:\underline{c} = (001):(001) =$ | 0 10 | — |

Doppelbrechung negativ; an den Zwillingen wurde auf {001} eine Auslöschungsschiefe von 6° mit der Kante (001):(010) beobachtet; die Axenebene ist fast genau parallel $c\{001\}$, die 1. Mittellinie fällt mit der Normalen zu {010} nahezu zusammen; $2H = 48°$ für Grün, 46° 30′ für Gelb, 45° 30′ für Rot, Dispersion sehr stark, $\varrho < v$.

### Didymdithionat-Dodekahydrat = $(S_2O_6)_3Di_2 \cdot 12H_2O$.

Hexagonal. $a:c = 1:1,2965$ Topsøe[55]).

Die von Cleve dargestellten roten Krystalle sind nach Topsøe große hexagonale Bipyramiden $o\{10\bar{1}1\}$, stark abgestumpft durch $c\{0001\}$ und mit den untergeordneten Prismen $m\{10\bar{1}0\}$ und $a\{11\bar{2}0\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o_{,} = (10\bar{1}1):(10\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *67° 29′ |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 49° 8′ | 49 4 |
| $o:m' = (10\bar{1}1):(01\bar{1}0) =$ | 65 26 | 65 22 |
| $o:o' = (10\bar{1}1):(\bar{1}101) =$ | 92 8 | 92 4 |

### Cerodithionat-Pentakaidekahydrat = $(S_2O_6)_3Ce_2 \cdot 15H_2O$.

Spec. Gew. 2,288 Wyrouboff[54]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,5917:1:1,1912 \text{ Wyrouboff}^{54}).$$
$$\alpha = 81°26', \quad \beta = 105°21', \quad \gamma = 86°38',$$

Dieses Hydrat krystallisiert nach Wyrouboff (l. c. 93) bei Temperaturen, die niedriger als 15°—17° sind. Die besten Krystalle werden erhalten, wenn man eine Lösung des Salzes bei 35°—40° eindampft, bis sich Krystalle abzuscheiden beginnen, und dann die syrupdicke Lösung bei niedriger Temperatur über Schwefelsäure einige Tage stehen läßt. Die schön durchsichtigen Krystalle

55) Topsoe, Bihang t. k. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1874, 2, No. 5, 20.

werden bis zu 1 cm lang; sie sind an feuchter Luft etwas zerfließlich. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $n\{130\}$ und $\nu\{1\bar{3}0\}$ groß; $\sigma\{\bar{1}03\}$, $\tau\{\bar{2}03\}$, $q\{011\}$, $x\{0\bar{1}1\}$, $\xi\{13\bar{3}\}$, $\chi\{1\bar{3}\bar{3}\}$, $y\{1\bar{3}\bar{6}\}$ und $z\{23\bar{3}\}$ klein. $\nu\{1\bar{3}0\}$ fehlt manchmal. Habitus: dicke Tafeln nach $c\{001\}$. Infolge der Zerfließlichkeit der Substanz sind die Flächen meist gerundet und die Messungen nicht sehr genau.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100):(010) =$ | — | *95° 55′ |
| $b : c = (010):(001) =$ | — | *99 50 |
| $c : a = (001):(100) =$ | — | *73 55 |
| $n : a = (130):(100) =$ | — | *64 30 |
| $\nu : a = (1\bar{3}0):(100) =$ | 55° 37′ | 55 30 |
| $\sigma' : c = (\bar{1}03):(001) =$ | — | *38 14 |
| $\tau' : c = (\bar{2}03):(001) =$ | 63 41 | 64 ca. |
| $q : b = (011):(010) =$ | 45 11 | 44 55 |
| $q : a = (011):(100) =$ | 83 27 | — |
| $x : c = (0\bar{1}1):(001) =$ | 43 23 | — |
| $x : a = (0\bar{1}1):(100) =$ | 76 9 | 76 24 |
| $\xi' : c = (\bar{1}\bar{3}3):(001) =$ | 51 25 | 51 27 |
| $\xi : b = (13\bar{3}):(010) =$ | 39 25 | — |
| $\chi' : c = (\bar{1}33):(001) =$ | 65 5 | — |
| $\chi' : b = (\bar{1}33):(010) =$ | 44 31 | 44 30 |
| $\xi : \chi = (13\bar{3}):(1\bar{3}\bar{3}) =$ | 96 5 | — |
| $y' : c = (\bar{1}36):(001) =$ | 39 26 | 39 30 ca. |
| $y' : b = (\bar{1}36):(010) =$ | 65 18 | — |
| $z' : c = (\bar{2}\bar{3}3):(001) =$ | 63 26 | — |
| $z : b = (23\bar{3}):(010) =$ | 50 16 | — |
| $z : \xi = (23\bar{3}):(13\bar{3}) =$ | 20 44 | 21 ca. |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; durch $c\{001\}$ beide Axenbilder mit ziemlich starker unsymmetrischer Dispersion und nach links geneigter 1. Mittellinie sichtbar; die Trace der Axenebene schneidet die $a$-Axe unter 20° ca.; $\beta = 1{,}507$; $2V = 88°52'$, Dispersion schwach, $\varrho > v$.

### Oxywismuthdithionat-Pentahydrat = $S_2O_6(BiO)_2 \cdot 5H_2O$.

Monoklin. $a : b = 0{,}543 : 1$; $\beta = 116°45'$ Fock[3]).

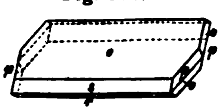
Klüß[8]) erhielt das Salz in kleinen rhomboëderähnlichen Combinationen $m\{110\}$, $c\{001\}$ mit untergeordnetem $b\{010\}$.

$m : m = (110):(1\bar{1}0) =$ *52° 0′ beob.
$m : c = (110):(001) =$ *66 8 »

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

### Ammoniumaluminiumdithionat-Heptakaiïkosihydrat = $(S_2O_6)_4Al_2(NH_4)_2 \cdot 27H_2O$.

Fig. 814.




Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 5{,}2672 : 1 : 3{,}6620$; $\beta = 111°53'$ Fock[3]).

Dargestellt von Klüß[8]); Fock (l. c. 361) beobachtete die Formen: $c\{001\}$, $s\{101\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $p\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $a\{100\}$ (Fig. 814).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $s:r' = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *68° 11′ |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *77 55 |
| $o:r = (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | — | *73 53 |
| $r':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 41° 3′ | 40 55 |
| $p:c = (111):(001) =$ | 70 1 | 70 0 |
| $p:s = (111):(101) =$ | 67 25 | 67 35 |
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 70 50 | 71½ ca. |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

## Tri-, Tetra- und Pentathionate.

Die Trithionsäure (Thiodisulfonsäure) $= S<^{SO_3H}_{SO_3H}$ entspricht in ihrer Constitution der Pyroschwefelsäure $= O<^{SO_3H}_{SO_3H}$, und es wäre daher von Interesse, die Salze beider krystallographisch zu vergleichen; bisher sind aber nur von der ersteren einige Salze gemessen worden.

**Kaliumtrithionat** $= S_3O_6K_2$ krystallisiert rhombisch, das Kaliumsalz einer Säure, welche vermutlich die Constitution $Se<^{SO_3H}_{SO_3H}$ besitzt, **Kaliumselentrithionat** $= SeS_2O_6K_2$ dagegen monoklin ohne irgend eine Ähnlichkeit mit dem ersteren; die Vermutung, welche der Darsteller des letzteren Salzes ausgesprochen hat, daß auch die Krystalle von $S_2O_6K_2$ monoklin und mit der Selenverbindung isomorph seien, läßt sich nicht aufrecht erhalten. Beide Körper sind übrigens noch nicht optisch geprüft worden und bedürfen jedenfalls noch weiterer Untersuchung, welche namentlich auch auf die Salze anderer Metalle auszudehnen wäre. Außerdem ist nur noch ein wasserhaltiges Salz untersucht worden: **Natriumtrithionat-Trihydrat** $= S_3O_6Na_2 . 3H_2O$, welches rhombisch krystallisiert.

Von den tetrathionsauren Salzen ist nur ein einziges gemessen worden: **Kaliumtetrathionat** $= S_4O_6K_2$, interessant als einer der wenigen Repräsentanten der domatisch-monoklinen Symmetrieklasse; bemerkenswert ist die bei mehreren Winkeln trotz guter Ausbildung der Krystalle bestehende große Differenz zwischen berechneten und beobachteten Werten.

Auch bei den Salzen der Pentathionsäure beschränkt sich die krystallographische Kenntnis auf diejenige des Kaliumsalzes, welches aber in diesem Falle wasserhaltig ist. **Kaliumpentathionat-Hemitrihydrat** $= S_5O_6K_2 . 1\frac{1}{2}H_2O$ krystallisiert rhombisch.

### Kaliumtrithionat $= S_3O_6K_2$.

Spec. Gew. 2,304 Hertlein[1]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,7166:1:0,4245$ De la Provostaye[2]).

---

1) Hertlein, Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **19**, 297.
2) De la Provostaye, Ann. chim. phys. 1841, (3) **3**, 354.

De la Provostaye hat an von Langlois dargestellten prismatischen Krystallen die Formen $m\{110\}$, $l\{210\}$, $q\{011\}$ und ganz untergeordnet und schlecht ausgebildet $x\{121\}$ beobachtet; ein für letztere Form als berechnet angegebener Winkelwert weicht, vielleicht infolge eines Druckfehlers, um ca. 10° von dem richtig berechneten Werte ab. Rammelsberg[3]) und Baker[4]) fanden $x\{121\}$ nicht, dafür aber $a\{100\}$, wonach die Krystalle nach Rammelsberg dünntafelig sind, und $b\{010\}$; auch $m\{110\}$ erwähnt Rammelsberg nicht; die von Baker gemessenen Krystalle waren nach der $c$-Axe dünnprismatische Nadeln.

| | Berechnet: | Beobachtet: De la Provostaye: | Rammelsberg: | Baker: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 71° 15′ | 71° 14′ | — | 71° 12′ |
| $l:l = (210):(2\bar{1}0) =$ | — | *39 25 | 38° 35′ | 39 31 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *46 0 | 45 47 | 45 37 |
| $x:x' = (121):(\bar{1}21) =$ | 48 36 | — | — | — |
| $x:x_{,} = (121):(12\bar{1}) =$ | 88 0 | — | — | — |
| $x:x = (121):(1\bar{2}1) =$ | 72 18 | — | — | — |

## Kaliumselentrithionat = $SeS_2O_6K_2$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}5050:1:0{,}6447$; $\beta = 93°26'$ Rathke[5]).

Nach der $b$-Axe prismatische Combinationen: $a\{100\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $i\{121\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *67° 18′ |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) =$ | 46° 19′ | 46 54 ca. |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 69 45 | 69 45 » |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 78 57 | 79 4 » |
| $i:i = (121):(1\bar{2}1) =$ | — | *98 22 |
| $i:m = (121):(110) =$ | — | *37 54 |
| $i:a = (121):(100) =$ | 73 19 | 73 18 |
| $i:\varrho' = (121):(\bar{1}01) =$ | 63 10 | 62 35 ca. |

## Natriumtrithionat-Trihydrat = $S_3O_6Na_2 . 3H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}5040:1:0{,}6972$ Villiers[6]).

Prismen $m\{110\}$ mit $b\{010\}$ und als Endflächen $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *53° 30′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *69 46 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 75° 5′ | 74 50 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$, durch $m\{110\}$ je ein Axenbild sichtbar.

---

3) Rammelsberg, Die neuesten Forsch. in d. krystallgr. Chemie, Suppl. z. Handb. d. krystallogr. Chemie, Leipzig 1857, 27.

4) Baker, Chem. News London 1877, 36, 203. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 3, 630.

5) Werther u. Rathke, Journ. f. prakt. Chemie 1870, (2) 1, 34. Die berechneten Werte stammen von Rammelsberg (Handb. d. krystallogr.-physik. Chemie, Leipzig 1881, 1, 496) und entsprechen einer anderen Aufstellung der Krystalle, als sie Rathke gewählt hat.

6) Villiers, Compt. rend. 1888, 106, 1356. Bull. soc. chim. Paris 1888, 49, 916. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 18, 330.

### Kaliumtetrathionat = $S_4O_6K_2$.

Spec. Gew. 2,296 Hertlein[1]).
Monoklin domatisch.

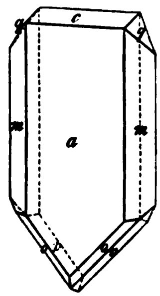



Fig. 815.

$a:b:c = 0,9302:1:1,2666$; $\beta = 104°16'$ Fock[7]).

Die von Fock und Klüß[8]) dargestellten und ebenso die von Fock untersuchten Originalkrystalle von Rammelsberg[9]), welcher das Salz irrtümlich als pentathionsaures Kalium beschrieben hatte, zeigen die in Fig. 815 dargestellte Combination: $a'\{\bar{1}00\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{\bar{1}10\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $v\{13\bar{3}\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $p\{\bar{1}1\bar{1}\}$; die beiden letzten Formen fehlen zuweilen, manchmal auch $c\{001\}$, dagegen treten selten und untergeordnet auch $\varkappa\{01\bar{1}\}$ und $\omega\{\bar{1}11\}$ auf; $a'\{100\}$ ist häufig größer als $a\{100\}$ ausgebildet. Rammelsberg beobachtete ferner $n\{130\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *42° 2′ | 42° 15′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *75 44 | 75 25 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *101 40 | 101 38 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 81° 3′ | 81 7 | 80 48 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 50 36 | 50 41 | — |
| $q:\mu = (011):(\bar{1}10) =$ | 66 12 | 66 13 | — |
| $p:a' = (\bar{1}1\bar{1}):(\bar{1}00) =$ | 44 12 | 45 3 | 45 30 |
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 54 30½ | 53 36 | 53 40 |
| $v:a = (13\bar{3}):(100) =$ | 65 53 | 67 8 | 67 20 |
| $v:v = (13\bar{3}):(1\bar{3}\bar{3}) =$ | 91 30 | 92 19 | 92 45 |
| $p:p = (\bar{1}1\bar{1}):(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) =$ | 66 21 | 67 50 | 67 48 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 79 26 | 78 31 | 78 22 |
| $n:a = (130):(100) =$ | (70 15 R.) | — | 70 6 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ ziemlich vollkommen.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $a\{100\}$ ein Axenbild im spitzen Winkel $\beta$, scheinbar 48° ca. zur Normalen geneigt, sichtbar.

### Kaliumpentathionat-Hemitrihydrat = $S_5O_6K_2 \cdot 1\frac{1}{2}H_2O$.

Spec. Gew. 2,112 Hertlein[1]).
Rhombisch bipyramidal.

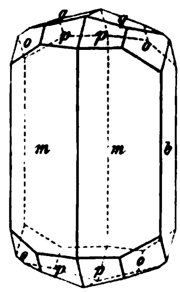



Fig. 816.

$a:b:c = 0,4564:1:0,3051$ Fock[7]).

Fock und Klüß[8]) (l. c. 2431) erhielten aus den Mutterlaugen des tetrathionsauren Kaliums, zum Teil neben diesem, kleine prismatische Krystalle, welche nach Fock (l. c. 239) folgende Formen zeigten: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$ (am Ende meist vorherrschend), $o\{241\}$, $p\{221\}$, s. Fig. 816; selten und untergeordnet wurden $c\{001\}$ und $n\{130\}$ beobachtet. Zuweilen sind die Krystalle auch dicktafelförmig nach $b\{010\}$ und zeigen als Endflächen nur $p\{221\}$.

7) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1891, **19**, 237.
8) Fock u. Klüß, Ber. d. d. chem. Ges. 1890, **23**, 2429.
9) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 495.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | — | *65° 28′ |
| $q:b$ | $= (011):(010) =$ | — | *73 2 |
| $n:b$ | $= (130):(010) =$ | 36° 8′ | 36 9 |
| $q:m$ | $= (011):(110) =$ | 83 2 | 82 57 |
| $q:n$ | $= (011):(130) =$ | 76 22 | 76 15 |
| $p:m$ | $= (221):(110) =$ | 34 14 | 34 20 |
| $p:b$ | $= (221):(010) =$ | 69 55 | 69 49 |
| $p:p'$ | $= (221):(\bar{2}21) =$ | 97 32 | — |
| $o:'o$ | $= (241):(\bar{2}\bar{4}1) =$ | 122 3 | 122 6 |
| $o:b$ | $= (241):(010) =$ | 53 50 | 53 51 |
| $o:o'$ | $= (241):(\bar{2}41) =$ | 80 33 | — |
| $o:m$ | $= (241):(110) =$ | 33 35 | 33 27 |
| $p:'q$ | $= (221):(011) =$ | 51 8 | 50 57 |
| $p:q$ | $= (221):(0\bar{1}1) =$ | 73 33 | 73 45 |
| $o:q$ | $= (241):(011) =$ | 50 57 | 50 36 |
| $o:'q$ | $= (241):(0\bar{1}1) =$ | 64 34 | 64 27 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Amido-, Imido-, Nitrilo- und Oxyazosulfonate.

Von den Salzen der Amidosulfonsäure ist nur eines gemessen worden: **Kaliumamidosulfonat** $= NH_2.SO_3K$, welches rhombisch krystallisiert und fast absolut genau das gleiche Axenverhältnis $a:b$ besitzt, wie die ebenfalls rhombischen Krystalle der Säure (s. **1**, 129); leider ist das specifische Gewicht des Salzes unbekannt und daher nicht möglich, die topischen Parameter zu berechnen, um die Art der morphotropischen Wirkung des Eintrittes eines Atoms Kalium für Wasserstoff festzustellen. Das gut krystallisierende hydroxylaminsulfonsaure Kalium, $NH(OH).SO_3K$, dessen Vergleichung mit dem Amidosulfonate von Interesse wäre, ist krystallographisch ebensowenig untersucht worden, wie andere Salze der beiden in naher Beziehung zu einander stehenden Säuren.

**Kaliumimidosulfonat** $= NH(SO_3K)_2$ und **Ammoniumimidosulfonat** $= NH(SO_3NH_4)_2$ krystallisieren in augitähnlichen, monoklinen Formen und sind vollkommen isomorph. Das Kaliumsalz soll nach Claus[1]) außer den augitähnlichen Krystallen auch Würfel bilden, welche beim Umkrystallisieren sich wieder in die ersteren umwandeln; die von Demselben erhaltenen Krystalle, welche Friedländer (s. S. 339) gemessen hat, bestanden aus Kaliumsulfat, das sich beim Kochen der Lösung des disulfammonsauren Kaliums (= Kaliumimidosulfonat) bildet. Das basische **Kaliumimidosulfonat-Monohydrat** $= NK(SO_3K)_2.H_2O$ krystallisiert triklin und kann seines Wassergehaltes wegen mit dem neutralen Salze keine krystallographischen Beziehungen darbieten; das Gleiche gilt auch für das monoklin krystallisierende **Kaliumhydroxylamindisulfonat-Dihydrat** $= NOH(SO_3K)_2.2H_2O$. Außerdem existieren, allerdings nur approximative, Messungen des monoklinen Salzes **Kaliumhydroxylamin-$\alpha$-$\beta$-disulfonat** $= SO_3K.ONH.SO_3K$.

1) Claus, Ann. d. Chemie 1869, **152**, 348.

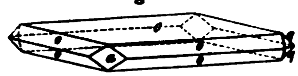
Nitrilosulfonsaure Salze sind nur zwei krystallographisch untersucht worden; das hexagonale **Natriumdikaliumnitrilosulfonat** $= N(SO_3K)_2SO_3Na$ und das rhombische **Kaliumnitrilosulfonat-Dihydrat** $= N(SO_3K)_3 . 2H_2O$, letzteres unvollständig. . Ihnen schließt sich das monoklin krystallisierende **Kaliumoxyazotrisulfonat-Monohydrat** $= NO(SO_3K)_3 . H_2O$ an.

### Kaliumamidosulfonat $= NH_2 . SO_3K$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,9944 : 1 : 0,7097$ Fock[2]).

Fig. 817.



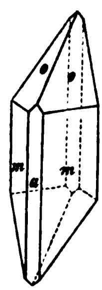
Dargestellt von Raschig[3]); aus der wässerigen Lösung entstehen tafelförmige Krystalle der Combination (Fig. 817): $c\{001\}$, $o\{111\}$, $a\{100\}$, $q\{021\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q : q = (021) : (02\bar{1}) =$ | — | *70° 20' |
| $o : o' = (111) : (\bar{1}11) =$ | — | *60 24 |
| $o : o_{,} = (111) : (11\bar{1}) =$ | 90° 22' | 90 35 |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 60 2 | 60 16 |
| $q : o = (021) : (111) =$ | 35 26 | 35 18 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ ziemlich vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich. Ebene der optischen Axen $a\{100\}$; 1. Mittellinie Axe $c$, Axenwinkel groß.

### Kaliumimidosulfonat $= NH(SO_3K)_2$.

Fig. 818.



Spec. Gew. 2,515 Zirngiebl[4]).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,6636 : 1 : 0,9604; \quad \beta = 91° 19'$ Zirngiebl[4]).

$(\chi : \psi : \omega = 6,619 : 3,979 : 3,721;$ » » » ).

Münzing[5]) beobachtete an einem Präparate von Raschig (l. c. 171) die augitähnliche Combination Fig. 818: $m\{110\}$, $o\{111\}$, $a\{100\}$; Zirngiebl erhielt dieselben, oft stark nach der $c$-Axe verlängerte Formen und außerdem untergeordnet noch $b\{010\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Zirngiebl: | Münzing: |
|---|---|---|---|
| $m : a = (110) : (100) =$ | — | *58° 59' | 58° 51' |
| $o : b = (111) : (010) =$ | — | *50 32 | 50 31½ |
| $o : m = (111) : (110) =$ | — | *41 27 | 41 38 |
| $o : a = (111) : (100) =$ | 66° 36' | 66 39 | 67 1 |
| $o : m' = (111) : (\bar{1}10) =$ | 70 10 | 70 7 | 70 4 |
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | 60 59 | 60 57 | — |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (100) =$ | 68 13 | 68 6½ | — |
| $\omega : \varrho = (11\bar{1}) : (10\bar{1}) =$ | 40 2 | 40 0 | — |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 89 19 | 89 20 | — |
| $a : c = (100) : (001) =$ | 88 41 | 88 43 | — |
| $\omega : m = (11\bar{1}) : (110) =$ | 42 3 | 42 5 | — |

2) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1888, **14**, 532.
3) Raschig, Ann. d. Chemie 1887, **241**, 177.
4) Zirngiebl, Zeitschr. f. Krystall. 1902, **36**, 143.
5) Münzing, Zeitschr. f. Krystall. 1888, **14**, 63.

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; 1. Mittellinie im stumpfen Winkel $\beta$; durch $a\{100\}$ beide Axenbilder am Rande des Gesichtsfeldes noch sichtbar.

### Ammoniumimidosulfonat = $NH(SO_3NH_4)_2$.

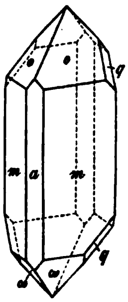
Spec. Gew. 2,071 Zirngiebl[4]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,6443:1:0,9672$; $\beta = 92^\circ 45'$ Münzing[5]).

($\chi:\psi:\omega = 6,582:4,003:3,869$; » » Zirngiebl[4]).

Fig. 819.

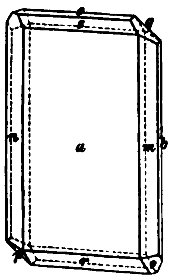


Das Salz wurde zuerst unter dem Namen des isomeren »Parasulfat-Ammon« (saures sulfaminsaures Ammon) beschrieben von Rose[6]), welcher die von ihm beobachtete Combination von $a\{100\}$, $o\{111\}$ und $m\{110\}$ für eine unvollzählig ausgebildete tetragonale hielt. Die von Raschig[3]) (l. c. 175) dargestellten Krystalle zeigen nach Münzing (l. c. 62) die Formen: $m\{110\}$, $o\{111\}$, $a\{100\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $q\{021\}$ (Fig. 819), die letzte selten, und sind zuweilen auch mehr tafelförmig nach $a$, wie die von Rose beschriebenen. Zirngiebl beobachtete, wie Letzterer, nur $m\{110\}$, $a\{100\}$ und $o\{111\}$ und fand die Winkel übereinstimmend mit Münzing.

| | Berechnet: | Beobachtet: Münzing: | Rose: |
|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *58° 39′ | (58° 45′ ber.) |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *78 25 | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *65 24 | 66 46 |
| $o:m = (111):(110) =$ | 40° 51′ | 40 55 | (40 32 ber.) |
| $o:m' = (111):(\bar{1}10) =$ | 71 8 | 71 13 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 80 48 | — | — |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 42 6 | 42 16 | — |
| $\omega:m' = (11\bar{1}):(\bar{1}10) =$ | 68 35 | 68 47 | — |
| $q:m = (021):(110) =$ | 39 38 | 39 15 | — |
| $q:m' = (021):(\bar{1}10) =$ | 41 38 | 41 18 | — |
| $q:q = (021):(0\bar{2}1) =$ | 125 22 | — | — |
| $q:a = (021):(100) =$ | 88 44 | — | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ unvollkommen.

Fig. 820.



### Basisches Kaliumimidosulfonat-Monohydrat = $NK(SO_3K)_2 . H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,9796:1:0,8415$ Fock[2]).

$\alpha = 88^\circ 49'$, $\beta = 103^\circ 39'$, $\gamma = 82^\circ 10$.

Dargestellt von Raschig[3]) (l. c. 173). Große farblose Krystalle der Combination (Fig. 820): $a\{100\}$, $m\{110\}$, $n\{1\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}\}$ zuweilen die einzige Endfläche), $s\{101\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $p\{1\bar{1}\bar{1}\}$, selten $l\{1\bar{2}0\}$ (Fock l. c. 532).

6) Rose, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1839, 47, 476.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | — | *98° 21′ |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | — | *86 51 |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *76 3 |
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | — | *50 43 |
| $r:a$ | $= (10\bar{1}):(100) =$ | — | *57 11 |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | 81° 31′ | 81 31 |
| $n:b'$ | $= (1\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | 42 2 | 42 1 |
| $n:c$ | $= (1\bar{1}0):(001) =$ | 78 33 | 78 42 |
| $l:b'$ | $= (2\bar{1}0):(0\bar{1}0) =$ | 25 46 | 25 30 |
| $r:b$ | $= (10\bar{1}):(010) =$ | 86 29 | 86 26 |
| $s:a$ | $= (101):(100) =$ | 41 13 | 41 24 |
| $s:b$ | $= (101):(010) =$ | 97 3 | 96 51 |
| $r:m$ | $= (10\bar{1}):(110) =$ | 67 47 | 67 52 |
| $r:n$ | $= (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 66 1 | 66 4 |
| $s:m$ | $= (101):(110) =$ | 54 16 | 54 30 |
| $s:n$ | $= (101):(1\bar{1}0) =$ | 60 13 | 60 13 |
| $q:b$ | $= (011):(010) =$ | 52 21 | 52 29 |
| $q:a$ | $= (011):(100) =$ | 84 29 | 84 28 |
| $q:m$ | $= (011):(110) =$ | 57 54 | 57 56 |
| $q:n'$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | 70 49 | 70 37 |
| $p:a$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | 59 17 | 59 30 |
| $p':b$ | $= (\bar{1}11):(010) =$ | 52 8 | 52 17 |
| $p:n$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 42 10 | 41 58 |
| $o:a$ | $= (11\bar{1}):(100) =$ | 68 27 | 68 35 |
| $o:b$ | $= (11\bar{1}):(010) =$ | 56 48 | 56 57 |
| $o:m$ | $= (11\bar{1}):(110) =$ | 45 52 | 46 12 |

Spaltbarkeit nach $n\{1\bar{1}0\}$ vollkommen.

Durch Spaltungslamellen nach $n$ ein Axenbild, scheinbar 15° ca. geneigt zur Normalen der Platte sichtbar.

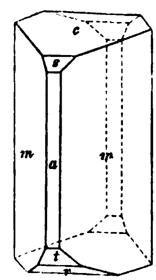
**Kaliumhydroxylamindisulfonat-Dihydrat = $NOH(SO_3K)_2 . 2H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}5490 : 1 : 0{,}9208; \quad \beta = 106°0'$ Fock[2]).

An dem Präparate von Raschig[3]) (l. c. 184) bestimmte Fock (l. c. 534) die Formen (Fig. 821): $m\{110\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $t\{20\bar{1}\}$, $s\{101\}$; außerdem treten in der Zone $mc$ steile, nicht meßbare Flächen auf.

Fig. 821.




| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:a$ | $= (110):(100) =$ | — | *56° 7′ |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *74 0 |
| $r:a$ | $= (10\bar{1}):(100) =$ | — | *65 1 |
| $s:a$ | $= (101):(100) =$ | 43° 54′ | 44 2 |
| $t:a$ | $= (20\bar{1}):(100) =$ | 39 22 | 39 22 |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | 81 10 | 81 7 |
| $r:m$ | $= (10\bar{1}):(110) =$ | 76 23 | 76 19 |
| $s:m$ | $= (101):(110) =$ | 66 20 | 66 16 |
| $t:m$ | $= (20\bar{1}):(110) =$ | 64 21 | 64 17 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen, nach $b\{010\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $c\{001\}$ ein Axenbild, im stumpfen Winkel $\beta$ ca. 20° scheinbar zur Normalen der Fläche geneigt, sichtbar.

**Kaliumhydroxylamin-α-β-disulfonat = $SO_3K.ONH.SO_3K$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,021:1:0,692;\quad \beta = 112^\circ 7'$ Jimbō[7]).

Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$?, $g\{70\bar{4}\}$?. Die Winkel eines großen Krystalls wurden meist mit dem Contactgoniometer gemessen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *46° 35′ |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *35 33 |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *38 35 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 50° 16′ | 52 7 |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 55 36 | 53 45 |
| $g':c = (\bar{7}04):(001) =$ | 63 12 | 63 0 |

**Natriumdikaliumnitrilosulfonat = $N(SO_3K)_2SO_3Na$.**

Hexagonal. $a:c = 1:1,4413$ Fock[2]).

Dieses Salz erhielt Raschig[3]) (l. c. 180) in kleinen glänzenden Bipyramiden $p\{10\bar{1}1\}$, welche Fock (l. c. 534) gemessen hat.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p:p_, = (10\bar{1}1):(10\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *62° 0′ |
| $p:p = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 50° 46′ | 51 3 |
| $p:p' = (10\bar{1}1):(\bar{1}101) =$ | 84 8 | 83 52 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

**Kaliumnitrilosulfonat-Dihydrat = $N(SO_3K)_3.2H_2O$.**

Rhombisch. $a:b = 0,8156:1$ Fock[2]).

Die von Raschig[3]) (l. c. 230) aus alkalisch wässeriger Lösung erhaltenen dünnen Nadeln zeigen nach Fock (l. c. 534) nur die Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$ und $n\{120\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *39° 12′ |
| $n:a = (120):(100) =$ | 58° 39′ | 58 0 ca. |

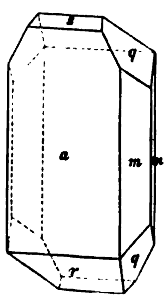
Keine deutliche Spaltbarkeit beobachtet.

**Kaliumoxyazotrisulfonat-Monohydrat = $NO(SO_3K)_3.H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 3,7602:1:2,0763;\quad \beta = 92^\circ 18'$ Fock[2]).

Fig. 822.




Dieses von Raschig[3]) (l. c. 236) als trisulfoxyazosaures Kalium bezeichnete Salz bildet nach Fock (l. c. 535) kurzprismatische Krystalle der Combination (Fig. 822): $a\{100\}$, $m\{110\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, selten $s\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q' = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *51° 28′ |
| $q:a = (011):(100) =$ | — | *89 0 |
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *62 52 |
| $s:a = (101):(100) =$ | 59° 20′ | 59 34 |
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | 29 48 | 29 46 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 83 16 | 83 19 |
| $s:m = (101):(110) =$ | 82 28 | 82 28 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 28 57 | 28 54 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | 30 0 | 29 52 |

7) Haga (Mess. v. Jimbō), Journ. Coll. Sc. Tokyo 1906, 21 (6), 7. Journ. Chem. Soc. London 1906, 89, 243. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 45, 319.

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ ziemlich vollkommen.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $a\{100\}$ ein Axenbild, im stumpfen Winkel $\beta$ scheinbar 45° ca. zur Normalen der Fläche geneigt, sichtbar.

## Persulfate und Permolybdate.

Die überschwefelsauren Salze der einwertigen Metalle sind neuerdings durch Marshall[1]) einer sorgfältigen Untersuchung unterzogen worden, nach welcher dieselben eine isodimorphe Gruppe bilden: **Kaliumpersulfat** = $S_2O_8K_2$ krystallisiert triklin, **Rubidium-**, **Cäsium-**, **Ammonium-** und **Thallopersulfat** = $S_2O_8Rb_2$, bzw. $S_2O_8Cs_2$, $S_2O_8(NH_4)_2$ und $S_2O_8Tl_2$ (von letzterem sind noch keine Messungen publiciert) dagegen monoklin und unter einander vollkommen isomorph. Aus gemischten Lösungen von Kalium- und Ammoniumpersulfat erhielt Marshall trikline Krystalle mit 4—5 % $S_2O_8(NH_4)_2$, monokline aber bis zu einem Gehalte von 90 % $S_2O_8K_2$; dazwischen bilden sich undeutliche rectanguläre Kryställchen, welche vielleicht eine dritte Form repräsentieren. Die Umwandlungstemperatur der triklinen Modification des Kaliumsalzes in die monokline scheint nicht sehr hoch über der gewöhnlichen Temperatur zu liegen, da eine Lösung trikliner Mischkrystalle bei 30°—40° monokline lieferte. Aus einer Lösung von Kalium- und Rubidiumpersulfat zu gleichen Gewichtsteilen setzten sich monokline Krystalle ab, welche $K : Rb$ im Verhältnisse 1 : 1 enthielten, aus deren Lösung andere mit mehr $Rb$; auch hier wurde die Bildung rectangulärer Kryställchen in dem Intervall zwischen der monoklinen und der triklinen Krystallisation beobachtet.

An die überschwefelsauren Salze schließen sich diejenigen einer schwefelreicheren Säure an, von denen nur eines krystallographisch untersucht wurde, das rhombische **Natriumdisulfopersulfat** = $S_4O_8Na_2$.

Die chemische Kenntnis der bisher gemessenen übermolybdänsauren Salze ist noch eine sehr unsichere. Péchard[2]) wies nach, daß die beiden von Bärwald beschriebenen Hydroxylverbindungen (s. S. 599 und 605) Permolybdate seien, und nimmt für sie die Zusammensetzung $Mo_2O_8K_2.4H_2O$ bzw. $Mo_2O_8(NH_4)_2.4H_2O$ an; das letztere Salz erwies sich in der Tat ganz übereinstimmend in seiner Krystallform mit der Ammoniumverbindung Bärwalds. Möller[3]) stellte beide Salze nochmals dar und betrachtet sie als wasserfreie, nämlich als **Kalium-** und **Ammoniumpermolybdat** = $Mo_2O_8K_2$ und $Mo_2O_8(NH_4)_2$; die krystallographische Untersuchung dieser beiden Präparate ergab monokline, aber für beide Körper verschiedene Formen, von welchen keine eine Überstimmung mit den Bärwaldschen Präparaten zeigt. Da die von letzterem dargestellte Ammoniumverbindung

---

1) Marshall, kurze vorläuf. Mitteil. in Journ. Amer. Chem. Soc. 1900, **22**, 48. Die Details der Untersuchung wurden von ihm dem Verf. für das Vorliegende freundlichst zur Verfügung gestellt.

2) Péchard, Compt. rend. 1891, **112**, 720. Ann. chim. phys. 1893, (6) **28**, 537.

3) Möller, Zeitschr. f. phys. Chemie 1893, **12**, 555.

und das Péchardsche Ammoniumsalz unzweifelhaft krystallographisch identisch sind, während die Analysen beider Körper außerordentlich differieren, stellten Muthmann und Nagel[4]) die Verbindung nochmals dar und fanden wiederum eine andere Zusammensetzung, nämlich für die citronengelben Krystalle (außerdem bildet sich noch ein orangeroter Körper, welcher früher nicht isoliert worden war) die Formel einer Verbindung von Permolybdat mit Molybdat: $2MoO_4 . 5MoO_3 . 3(NH_4)_2O . 6H_2O$; da von ihren Krystallen keine Messungen vorliegen, sind im folgenden diejenigen des Péchardschen Präparates unter der von diesem angegebenen Formel, also als **Ammoniumpermolybdat-Tetrahydrat** $= Mo_2O_8(NH_4)_2 . 4H_2O$ angeführt.

### Kaliumpersulfat $= S_2O_8K_2$.

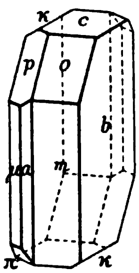
Spec. Gew. 2,477 Marshall[1]).
Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,5759 : 1 : 0,5740$ Marshall[1]).

$\alpha = 98^\circ 33'$, $\beta = 94^\circ 2'$, $\gamma = 88^\circ 39'$.

Aus der bei gewöhnlicher Temperatur langsam verdunstenden Lösung bilden sich tafelförmige Krystalle der Combination (Fig. 823): $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $x\{0\bar{1}1\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$ (die beiden letzteren Formen nicht immer vorhanden); selten und untergeordnet kommen vor $q\{011\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ (letztere durch Zonen bestimmt). Die bei der Abkühlung warmer Lösung entstehenden Krystalle sind mehr prismatisch nach der Verticalaxe und fast immer Zwillinge nach $b\{010\}$. Die frühere Untersuchung des Salzes von Fock[5]) wurde an derartigen Zwillingen angestellt, deren Durchwachsung so compliciert war, daß die Zugehörigkeit der Flächen zu dem einen oder anderen Krystalle nicht sicher bestimmt werden konnte; sie ist daher nicht frei von Irrtümern, welche durch die Messungen einfacher Krystalle von Marshall berichtigt werden konnten; Fock bezeichnete z. B. mit $v$ eine Form, deren Flächen teils dem Symbole $\{1\bar{1}1\}$, teils $\{11\bar{1}\}$ entsprechen.

Fig. 823.




| | Berechnet: | Beobachtet: Marshall: | Beobachtet: Fock: |
|---|---|---|---|
| $a : b$ | $= (100) : (010) = 90^\circ 44'$ | $90^\circ 48'$ | $90^\circ 39'$ ($a : b'$ F.) |
| $a : c$ | $= (100) : (001) = 85\ 58$ | 85 58 | 85 53 |
| $b : c$ | $= (010) : (001) = 81\ 31$ | 81 31 | 81 25 |
| $m : b$ | $= (110) : (010) = 60\ 24$ | 60 25 | 60 25 ($n : b$ F.) |
| $\mu : b'$ | $= (1\bar{1}0) : (0\bar{1}0) = 59\ 18$ | 59 17 | 59 23 ($m : b$ F.) |
| $o : b$ | $= (111) : (010) =$ — | *63 56 | 63 49 ($p : b$ F.) |
| $o : p$ | $= (111) : (1\bar{1}1) =$ — | *42 54 | 42 40 ($p : v$ F.) |
| $x : c$ | $= (0\bar{1}1) : (001) = 31\ 45$ | 31 44 | 31 47 ($q : c$ F.) |
| $\pi : b'$ | $= (1\bar{1}\bar{1}) : (0\bar{1}0) = 61\ 25$ | 61 29 | 61 25 ($o : b$ F.) |
| $\omega : b$ | $= (11\bar{1}) : (010) = 73\ 27$ | — | 73 31 ($v : b$ F.) |
| $o : a$ | $= (111) : (100) = 49\ 21$ | 49 24 | 49 18 ($p : a$ F.) |
| $o : q$ | $= (111) : (011) = 37\ 42$ | 37 25 ca. | — |

4) Muthmann u. Nagel, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1898, 17, 74.
5) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1894, 22, 29.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marshall: | Fock: |
|---|---|---|---|
| $o : \pi' = (111):(\bar{1}11)$ | $= 77^\circ 43'$ | $77^\circ 45'$ | — |
| $p : a = (1\bar{1}1):(100)$ | $= 45\ 16$ | 45 19 | $85^\circ 53'$ ($q : a$ F.) |
| $p : \varkappa = (1\bar{1}1):(0\bar{1}1)$ | $= 40\ 36$ | 40 33 | |
| $o : m = (111):(110)$ | = — | *37 58 | — |
| $o : c = (111):(001)$ | = — | *44 14 | 44 11 ($p : c$ F.) |
| $p : \mu = (1\bar{1}1):(1\bar{1}0)$ | $= 41\ 25$ | 41 25 | — |
| $p : c = (1\bar{1}1):(001)$ | = — | *49 20 | — |
| $\pi' : c = (\bar{1}11):(001)$ | $= 48\ 29$ | 48 31 | — |
| $\pi : \mu = (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | $= 40\ 46$ | 40 44 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung positiv, stark; die optischen Axen liegen im Oktanten $+a$, $+b$, $+c$; durch $b\{010\}$ das Interferenzbild der einen scheinbar $42\frac{1}{3}^\circ$ zur Normalen der Fläche geneigt, durch $m\{110\}$ das der anderen sichtbar mit einer scheinbaren Neigung von 38°; im Adamsschen Polarisationsapparate beide (mit kleinem Axenwinkel) sowohl durch $b\{010\}$, als durch $m\{110\}$ sichtbar. Brechungsindices für *Na*: $\alpha = 1{,}4609$, $\beta = 1{,}4669$, $\gamma = 1{,}5657$, daraus berechnet: $2V = 29^\circ 32'$ (Marshall).

## Rubidiumpersulfat = $S_2O_8Rb_2$.

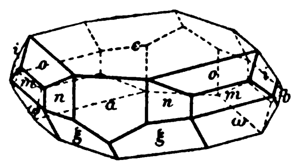
Spec. Gew. 3,131 Marshall[1]).

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 1{,}2909 : 1 : 1{,}1884; \quad \beta = 103^\circ 28' \text{ Marshall}^{1)}.$$

Die von Marshall dargestellten Krystalle (Fig. 824) sind gewöhnlich tafelförmig nach $c\{001\}$, manchmal auch prismatisch nach der $b$-Axe und zeigen außerdem die Formen: $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $\xi\{21\bar{2}\}$, $i\{121\}$ und $b\{010\}$; an großen, durch sehr langsame Abkühlung warmer Lösung entstandenen Krystallen sind $c\{001\}$, $o\{111\}$ und $i\{121\}$ vorherrschend, während von den übrigen Formen die eine oder die andere ganz fehlt.

Fig. 824.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : a = (110):(100)$ | $= 51^\circ 28'$ | $51^\circ 27'$ |
| $n : a = (210):(100)$ | $= 32\ \ 7$ | 32 7 |
| $a : c = (100):(001)$ | $= 76\ 32$ | 76 32 |
| $o : o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 74\ 54$ | 74 50 |
| $o : a = (111):(100)$ | $= 52\ 38$ | 52 40 |
| $o : c = (111):(001)$ | = — | *50 17 |
| $o : m = (111):(110)$ | $= 31\ 22$ | 31 24 |
| $o : \omega' = (111):(\bar{1}11)$ | = — | *61 51 |
| $\omega : b = (11\bar{1}):(010)$ | $= 45\ 52$ | 45 53 |
| $\omega' : c = (\bar{1}11):(001)$ | = — | *61 45 |
| $i : b = (121):(010)$ | $= 33\ \ 8$ | 33 7 |
| $i : a = (121):(100)$ | $= 65\ 18$ | 65 17 |
| $i : c = (121):(001)$ | $= 63\ 54$ | 63 52 |
| $\xi : \xi = (21\bar{2}):(2\bar{1}\bar{2})$ | $= 51\ 46$ | 51 45 |
| $\xi : a = (21\bar{2}):(100)$ | $= 58\ 42$ | 58 42 |
| $\xi' : c = (\bar{2}12):(001)$ | $= 53\ 36$ | 53 40 |
| $\xi : n = (21\bar{2}):(210)$ | $= 47\ 46$ | 47 41 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet $26\frac{1}{2}^\circ$ mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; durch $c\{001\}$ beide Axenbilder sichtbar, $7^\circ$ (scheinb.) nach der $c$-Axe hin bzw. $50^\circ$ (scheinb.) nach der $a$-Axe hin gegen die Normale der Fläche geneigt, Dispersion schwach, $v > \varrho$; Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1{,}4812$, $\beta = 1{,}4888$, $\gamma = 1{,}5719$, daraus berechnet $2V = 35^\circ 4'$.

## Cäsiumpersulfat = $S_2O_8Cs_2$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}2978 : 1 : 1{,}1857; \quad \beta = 103^\circ 7' \text{ Marshall}^{1)}.$$

Die Krystalle haben nach Marshall denselben Habitus, wie die des Rubidiumsalzes, sind aber im allgemeinen weniger regelmäßig ausgebildet; beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $\xi\{21\bar{2}\}$, $i\{121\}$, $b\{010\}$ (Fig. 824).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : a = (110):(100)$ | $= 51^\circ 39'$ | $51^\circ 38'$ |
| $n : a = (210):(100)$ | $= 32\ 17$ | $32\ 20$ |
| $a : c = (100):(001)$ | $= 76\ 53$ | $76\ 54$ |
| $o : o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 75\ 11$ | $75\ 12$ |
| $o : a = (111):(100)$ | $= 52\ 57$ | $52\ 57$ |
| $o : c = (111):(001)$ | $=$ — | $^*50\ 22$ |
| $o : m = (111):(110)$ | $= 31\ 32$ | $31\ 32$ |
| $o : \omega' = (111):(\bar{1}11)$ | $=$ — | $^*61\ 30$ |
| $\omega : b = (11\bar{1}):(010)$ | $= 45\ 54$ | $45\ 52$ |
| $\omega' : c = (\bar{1}11):(001)$ | $=$ — | $^*61\ 28$ |
| $i : b = (121):(010)$ | $= 33\ \ 0$ | $32\ 59$ |
| $i : a = (121):(100)$ | $= 65\ 32$ | $65\ 33$ |
| $i : c = (121):(001)$ | $= 64\ \ 0$ | $64\ \ 0$ |
| $\xi : \xi = (21\bar{2}):(2\bar{1}\bar{2})$ | $= 51\ 42$ | $51\ 40$ |
| $\xi : a = (21\bar{2}):(100)$ | $= 58\ 46$ | $58\ 44$ |
| $\xi' : c = (\bar{2}12):(001)$ | $= 53\ 14$ | — |
| $\xi : n = (21\bar{2}):(210)$ | $= 47\ 50$ | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv, stark; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die wenig dispergierte 1. Mittellinie ungefähr wie beim Rubidium- und Ammoniumsalze; Axenwinkel klein, Dispersion stark, $\varrho > v$.

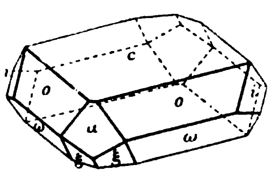
## Ammoniumpersulfat = $S_2O_8(NH_4)_2$.

Spec. Gew. 1,982 Marshall[1]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}2956 : 1 : 1{,}1872; \quad \beta = 103^\circ 48' \text{ Marshall}^{1)}.$$

Fig. 825.




Das Salz krystallisiert nach Marshall leicht in großen, klaren Krystallen aus langsam bei gewöhnlicher Temperatur verdunstender Lösung; dieselben sind gewöhnlich tafelförmig (Fig. 825), manchmal auch nach der $b$-Axe prismatisch und zeigen die Formen: $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $i\{121\}$ und $\xi\{21\bar{2}\}$. Fock (l. c. 30) beobachtete dieselben Formen außer $i$ und mit größerer Entwicklung von $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Marshall: | Fock: |
|---|---|---|---|
| $a : c = (100):(001)$ | $= 76°12'$ | $76°12'$ | $76°11'$ |
| $o : o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 74\ 46$ | 74 49 | 74 45 |
| $o : a = (111):(100)$ | $= 52\ 33$ | 52 33 | 52 36 |
| $o : c = (111):(001)$ | = — | *50 5 | 50 4 |
| $o : \omega' = (111):(\bar{1}11)$ | = — | *61 41 | 61 31 |
| $\omega : \omega' = (11\bar{1}):(\bar{1}11)$ | $= 91\ 32$ | 91 29 | 91 26 |
| $\omega' : c = (\bar{1}11):(001)$ | = — | *61 47 | 61 46 |
| $i : i' = (121):(\bar{1}2\bar{1})$ | $= 66\ 24$ | 66 22 | — |
| $i : a = (121):(100)$ | $= 65\ 13$ | — | — |
| $i : c = (121):(001)$ | $= 63\ 45$ | — | — |
| $\xi : \xi = (21\bar{2}):(2\bar{1}\bar{2})$ | $= 51\ 55$ | 52 3 | 51 53 |
| $\xi : a = (21\bar{2}):(100)$ | $= 59\ 2$ | — | — |
| $\xi' : c = (\bar{2}12):(001)$ | $= 53\ 36$ | — | — |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ unvollkommen (Fock).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 26¾° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; durch $c\{001\}$ beide Axenbilder sichtbar, 6½° bzw. 33½° zur Normalen der Fläche nach der $a$-Axe hin geneigt; Dispersion mäßig, $v > \varrho$; Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1{,}4981$, $\beta = 1{,}5016$, $\gamma = 1{,}5866$, daraus ber. $2V = 24°$ (Marshall).

## Natriumdisulfopersulfat = $S_4O_8Na_2$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}4628 : 1 : 1{,}0692$ Villiers[6]).

Die von Villiers dargestellten Krystalle sind Prismen $\{110\}$ zuweilen mit großem $b\{010\}$, am Ende $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | $*49°40'$ |
| $q : q = (011):(0\bar{1}1)$ | = — | *93 50 |
| $q : m = (011):(110)$ | $= 72°8'$ | 72 0 |

## Kaliumpermolybdat = $Mo_2O_8K_2(H_2O?)$.

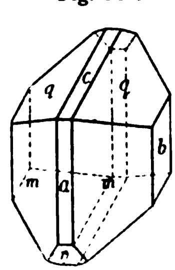
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}9893 : 1 : 0{,}5911$; $\beta = 113°56'$ Fock[5]).

Dargestellt von Möller[3]). Die meist kurzprismatischen Krystalle (Fig. 826) zeigen die Formen: $m\{110\}$, $q\{011\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{30\bar{2}\}$; ihre Flächen, besonders die von $m$, sind geknickt und daher nicht genau meßbar (Fock, l. c. 31).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 84°17'$ | — |
| $a : c = (100):(001)$ | = — | $*66°10'$ |
| $r : a = (30\bar{2}):(100)$ | = — | *52 7 |
| $q : b = (011):(010)$ | = — | *61 36 |
| $q : a = (011):(100)$ | $= 69\ 11$ | 69 25 |
| $q : r' = (011):(\bar{3}02)$ | $= 65\ 22$ | 65 9 |
| $c : m = (001):(110)$ | $= 72\ 34$ | 72 13 |
| $r : m = (20\bar{3}):(110)$ | $= 62\ 55$ | 62 46 |
| $q : m = (011):(110)$ | $= 54\ 22$ | 54 35 |
| $q : m' = (011):(\bar{1}10)$ | $= 86\ 49$ | — |

Fig. 826.




Spaltbarkeit nicht beobachtet.

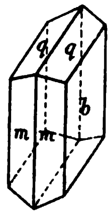
6) Villiers, Compt. rend. 1888, **106**, 1354. Bull. soc. chim. Paris 1888, **49**, 913. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 330.

### Ammoniumpermolybdat = $Mo_2O_8(NH_4)_2(H_2O?)$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}4693:1:0{,}2956;\quad \beta = 112°39\frac{1}{2}'$ Fock[5]).

Fig. 827.




Die von Möller[3]) erhaltenen hellgelben Krystalle sind nach Fock (l. c. 32) Combinationen von $b\{010\}$, $m\{110\}$ und $q\{011\}$ (Fig. 827).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:b$ | $= (110):(010) =$ | — | *66° 35′ |
| $q:b$ | $= (011):(010) =$ | -- | *74 45 |
| $q:m'$ | $= (011):(\bar{1}10) =$ | — | *113 41 |
| $q:m$ | $= (011):(110) =$ | 63° 32′ | 63 25 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

### Ammoniumpermolybdat-Tetrahydrat = $Mo_2O_8(NH_4)_2 . 4H_2O$ (? s. S. 723).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}4682:1:1{,}0259;\quad \beta = 105°45\frac{2}{3}'$ Dufet[7]).

Dargestellt von Péchard[2]). Dufet beobachtete die Formen: $m\{110\}$, $n\{120\}$, $a\{100\}$, $d\{101\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$ und $c\{001\}$ in derselben Ausbildung wie Fig. 778 (S. 605), nur daß $q$ kleiner ausgebildet war, und sehr untergeordnet noch $c$ hinzutrat.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:a$ | $= (110):(100) =$ | — | *54° 46½′ |
| $n:a$ | $= (120):(100) =$ | 70° 33½′ | 70 36 |
| $q:q$ | $= (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *89 16 |
| $r:a$ | $= (10\bar{1}):(100) =$ | — | *66 9 |
| $d:a$ | $= (101):(100) =$ | 44 49 | 44 50 |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 74 14½ | 74 9 appr. |
| $m:q$ | $= (110):(011) =$ | 46 44 | 46 41 |
| $q:r'$ | $= (011):(\bar{1}01) =$ | 56 45 | 56 47 |
| $m:d$ | $= (110):(101) =$ | 65 51 | 65 53 |
| $d:q$ | $= (101):(011) =$ | 51 42 | 51 45 |
| $q:n$ | $= (011):(120) =$ | 43 23 | 43 15 |
| $q:n'$ | $= (011):(\bar{1}20) =$ | 53 16 | 53 20 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie bildet 15° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; Axenwinkel in Öl, dessen $n = 1{,}465$, durch $r\{10\bar{1}\}$ gemessen $= 35°48'$.

7) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 215. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 594.

# Borate. Aluminate, Ferrite usw. Arsenite usw.

## Borate einwertiger Metalle.

Über wasserfreie borsaure Alkalisalze existieren nur zwei Angaben. Nach der einen krystallisiert das **Kaliummetaborat** $= BO_2K$ monoklin, doch liegt keine Analyse der gemessenen Krystalle vor, so daß es nicht sicher ist, ob dieselben wasserfrei waren. Zweitens hat Wunder[1]) durch Schmelzen von Borax mit Soda hexagonale Prismen von Natriummetaborat $= BO_2Na$ erhalten, von welchen aber weder Messungen, noch optische Untersuchungen angegeben werden (die mikroskopischen Krystalle waren deutlich trigonal). Von letzterem Salze sind mehrere Hydrate bekannt, von welchen jedoch nur eines krystallographisch untersucht worden ist, nämlich **Natriummetaborat-Tetrahydrat** $= BO_2Na.4H_2O$; die Angaben über die triklinen Krystalle dieses Salzes sind indessen derart, daß die Bestimmung jedenfalls wiederholt werden muß; die gleiche Zusammensetzung nahm Hahn[2]) für eine von ihm untersuchte Verbindung an, seine Messungen zeigen aber, wie schon Rammelsberg erkannte, daß er nichts anderes als Boraxkrystalle in den Händen hatte. **Lithiummetaborat-Oktohydrat** $= BO_2Li.8H_2O$ krystallisiert trigonal.

Triborsaure Salze sind nur zwei untersucht worden, **Kaliumtriborat-Hemipentahydrat** $= B_3O_5K.2\frac{1}{2}H_2O$ und **Kaliumtriborat-Tetrahydrat** $= B_3O_5K.4H_2O$; beide krystallisieren rhombisch.

Größer ist die Reihe der ihrer Krystallform nach bekannten tetraborsauren Salze, welche ebenfalls sämtlich wasserhaltig sind. **Ammoniumtetraborat-Tetrahydrat** $= B_4O_7(NH_4)_2.4H_2O$ krystallisiert tetragonal, **Natriumtetraborat-Pentahydrat** $= B_4O_7Na_2.5H_2O$, der fälschlich sogenannte »oktaëdrische Borax«, trigonal; das dem letzteren entsprechende Kaliumsalz $B_4O_7K_2.5H_2O$ soll nach Laurent ebenfalls trigonal krystallisieren, doch liegen weder von diesem, noch von den anderen krystallisierten Hydraten des Kaliumtetraborates Messungen vor. **Rubidiumtetraborat-Hexahydrat** $= B_4O_7Rb_2.6H_2O$ bildet nach Reißig[3]) kleine sechsseitige Tafeln {001} von rhombischer Symmetrie, begrenzt von {110} und {010};

---

1) Wunder, Programm d. Gewerbeschule Chemnitz 1870, 13. Journ. f. prakt. Chemie 1870, (2) **1**, 459.

2) Hahn, Archiv der Pharmacie 1859, (2) **99**, 146.

3) Reißig, Ann. d. Chemie 1863, **127**, 33.

(110) : (1$\bar{1}$0) = 82° ca. Endlich gehört hierher der monokline Borax, **Natriumtetraborat-Dekahydrat** = $B_4O_7Na_2 . 10H_2O$.

Die pentaborsauren Salze sind durch zwei isomorphe, rhombisch krystallisierende Verbindungen vertreten: **Kalium- und Ammoniumpentaborat-Tetrahydrat** = $B_5O_8K . 4H_2O$ und $B_5O_8NH_4 . 4H_2O$.

## Kaliummetaborat = $BO_2K$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 2,7439 : 1 : 2,6759$; $\beta = 93^\circ 52'$ Schabus[4]).

Die von Pohl durch Zusammenschmelzen äquivalenter Mengen von $CO_3K_2$ und $B_2O_3$ und Verdunsten der syrupdicken Auflösung der Schmelze im Vacuum erhaltenen Krystalle sind nach Schabus Combinationen der Formen: $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, nach $a\{100\}$ tafelförmig, zuweilen auch prismatisch nach einer Kante $o : c = (111) : (001)$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : c$ | = (100) : (001) = | — | *86° 8′ |
| $\varrho' : c$ | = ($\bar{1}$01) : (001) = | — | *46 10 |
| $o : o_,$ | = (111) : (1$\bar{1}$1) = | 53° 36′ | — |
| $o : a$ | = (111) : (100) = | 69 53 | — |
| $o : c$ | = (111) : (001) = | 69 28 | — |
| $\omega : \varrho$ | = (11$\bar{1}$) : (10$\bar{1}$) = | 63 12 | 63 0 |
| $\omega : a$ | = (11$\bar{1}$) : (100) = | 72 19 | — |
| $\omega' : c$ | = ($\bar{1}$11) : (001) = | — | *71 48 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

## Natriummetaborat-Tetrahydrat = $BO_2Na . 4H_2O$.

Die von Benedikt[5]) dargestellten bis zolllangen, schön ausgebildeten Krystalle sind nach Ditscheiner[5]) triklin pinakoidal und zeigen vorherrschend die Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, am Ende $c\{001\}$ und untergeordnet $o\{111\}$ und $p\{1\bar{1}1\}$. Ditscheiner gibt folgende beobachtete Werte an:

| | | |
|---|---|---|
| $m : b$ | = (110) : (010) = | 38° 50′ |
| $\mu : b'$ | = (1$\bar{1}$0) : (0$\bar{1}$0) = | 56 20 |
| $b : c$ | = (010) : (001) = | 62 30 |
| $m : c$ | = (110) : (001) = | 72 20 |
| $\mu : c$ | = (1$\bar{1}$0) : (001) = | 109 17 |
| $p : c$ | = (1$\bar{1}$1) : (001) = | 41 10 |
| $o : c$ | = (111) : (001) = | 34 50 |
| $p : m$ | = (1$\bar{1}$1) : (110) = | 69 10 |
| $o : b$ | = (111) : (010) = | 42 10 |
| $o : p$ | = (111) : (1$\bar{1}$1) = | 46 30 |

Außerdem werden als »berechnet« noch einige Werte angeführt, welche sich durch einfache Subtraction der Summe zweier, unter obigen befindlicher cozonaler Winkel von 180° ergeben; da diese Werte aber mehrfach mit einander nicht die Summe 180° liefern, so ist es nicht möglich, auf diese Widersprüche enthaltenden Angaben eine Berechnung der Elemente zu stützen.

4) Schabus, Best. d. Krystallgestalten i. chem. Lab. erz. Producte. Preisschr. Wien 1855, 92.

5) Benedikt (Krystallbest. v. Ditscheiner), Ber. d. d. chem. Ges. 1874, 7, 702.

### Lithiummetaborat-Oktohydrat = $BO_2Li.8H_2O$.

Spec. Gew. 1,38 Termier[6]), 1,937 Le Châtelier[7]) (wahrscheinlich Druckfehler st. 1,379).

Trigonal. $\alpha = 81^\circ 0'$ ($a : c = 1 : 0,944$ Termier[6])).

Die von Le Châtelier[7]) dargestellten, etwas verwitternden Krystalle zeigen die Formen $c\{111\}$, $m\{\bar{2}11\}$, untergeordnet $r\{100\}$, selten $\varrho\{22\bar{1}\}$.

$r : c = (100) : (111) = {}^*74' 28'$ beob.

Doppelbrechung positiv.

### Kaliumtriborat-Hemipentahydrat = $B_3O_5K.2\frac{1}{2}H_2O$.

Rhombisch. $a : b : c = 0,5285 : 1 : 0,9206$ Reißig[3]).

Reißig (l. c. 37) erhielt beim Abkühlen einer heißen Lösung von $2B_2O_3$ und $1CO_3K_2$ Prismen $m\{110\}$ mit $b\{010\}$, am Ende $q\{011\}$ und untergeordnet $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *55° 43′ |
| $q : b = (011) : (010) =$ | — | *47 22 |
| $r : r = (101) : (10\bar{1}) =$ | 59° 44′ | 60 13 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 71 33 | — |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 39 56 | — |
| $r : q = (101) : (011) =$ | 68 30 | — |

### Kaliumtriborat-Tetrahydrat = $B_3O_5K.4H_2O$.

Rhombisch. $a : b : c = 0,771 : 1 : 0,700$ Laurent[8]).

Das Salz bildet sich zuweilen aus einer alkalischen Lösung von Borsäure und Kaliumcarbonat als erstes Krystallisationsproduct. Rectanguläre Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, untergeordnet $n\{310\}$, am Ende $q\{011\}$ und $r\{101\}$ gleich groß.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $n : a = (310) : (100) =$ | 14° 25′ | 16° 0′ ca. |
| $q : b = (011) : (010) =$ | — | *55 0 » |
| $r : a = (101) : (100) =$ | — | *47 45 » |

### Ammoniumtetraborat-Tetrahydrat = $B_4O_7(NH_4)_2.4H_2O$.

Tetragonal. $a : c = 1 : 0,8283$ Rammelsberg[9]).

Die an der Luft durch Ammoniakverlust rasch trübe werdenden Krystalle zeigen nach Miller[10]) die dem Rhombendodekaëder ähnliche Combination $a\{100\}$, $o\{111\}$, zuweilen Durchkreuzungszwillinge nach $\{011\}$, tafelförmig nach dem zur Zwillingsebene senkrechten Flächenpaare von $a\{100\}$. Rammelsberg untersuchte Krystalle, welche vorherrschend $o\{111\}$ zeigten, dessen Ecken und Kanten abgestumpft waren durch $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$ und $d\{101\}$. Die gleichen Formen beobachtete auch d'Achiardi[11]) an mikroskopischen Krystallen.

6) Termier, Bull. soc. fr. min. 1897, **20**, 257. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 80.
7) Le Châtelier, Compt. rend. 1897, **124**, 1091.
8) Laurent, Compt. rend. 1849, **29**, 5. C. r. d. trav. chim. 1850, 33.
9) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1853, **90**, 20.
10) Miller, Transact. Cambridge Philos. Soc. 1830, **3**, 366.
11) G. d'Achiardi, Rendic. Accad. Lincei, Roma 1900, **9** (II), 342. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **35**, 520.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Miller: |
|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *65° 5′ | 64°47′ |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 99° 2′ | — | 98 30 |
| $d:d = (101):(011) =$ | 53 38 | — | — |
| $d:d_{,} = (101):(10\bar{1}) =$ | 100 44 | — | — |

### Natriumtetraborat-Pentahydrat = $B_4O_7Na_2 . 5H_2O$.

Spec. Gew. 1,815 Payen[12]).

Trigonal. $\alpha = 72°2'$ ($a:c = 1:1,87$ Arzruni[13]).

Payen gab an, daß die aus warmer Boraxlösung sich ausscheidenden Krystalle reguläre Oktaëder seien, und danach wurde das Salz »oktaëdrischer Borax« genannt. Arzruni erkannte an Krystallen, welche durch Verdunsten einer gesättigten Boraxlösung bei 70° erhalten worden waren, das scheinbare Oktaëder als Combination $r\{100\}$, $c\{111\}$, an welcher untergeordnet noch die pseudokubische Form $d\{110\}$ auftrat; die stark gerundeten Flächen gestatteten nur approximative Messungen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010) =$ | — | *103°38′ |
| $r:c = (100):(111) =$ | 62°53′ | 65 11 |
| $d:d = (110):(101) =$ | 79 57 | 78 58 |
| $d:c = (110):(111) =$ | 48 8 | 47 14 |

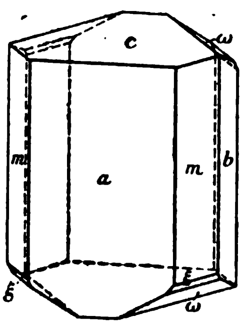
Doppelbrechung positiv.

### Natriumtetraborat-Dekahydrat (Borax) = $B_4O_7Na_2 . 10H_2O$.

Spec. Gew. 1,69—1,76 nach älteren Bestimmungen.
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0995:1:0,5629$; $\beta = 106°35'$ Rammelsberg[14]).

Fig. 828.




Die gewöhnlichen Formen der Boraxkrystalle (Fig. 828) sind: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\xi\{22\bar{1}\}$; seltener und untergeordnet ist $\varkappa\{041\}$ als Abstumpfung der Kanten $[\bar{2}21 . 110]$, besonders an Krystallen, an denen $\xi$ größer ausgebildet ist als $\omega$; $\xi\{22\bar{1}\}$ und $m\{110\}$ fehlen zuweilen ganz; Zwillinge nach $a\{100\}$, an deren einem Ende $\omega\omega$ eine rhombische Pyramide, am andern $c\underline{c}$ einen einspringenden Winkel bilden, beobachteten Rammelsberg und Hahn[2]), welcher den Krystallen irrtümlich eine andere Zusammensetzung zuschrieb (s. S. 729); die Krystalle des letzteren waren dicktafelig nach $b\{010\}$ und zeigten am Ende $\omega\{11\bar{1}\}$ herrschend, $c\{001\}$ kleiner ausgebildet. Einige Messungen teilte auch Sénarmont[15]) mit.

Die natürlichen Krystalle zeigen die in Fig. 828 dargestellten Formen, doch ist zuweilen das Prisma $m$ herrschend, $a$ und $b$ untergeordnet.

12) Payen, Journ. chim. méd. 1829, 594. Berzelius Jahresber. 8, 171.
13) Arzruni, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1876, 158, 250.
14) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 171.
15) Sénarmont in Rammelsberg, Suppl. z. krystall. Chemie, Leipzig 1857, 90. Mit optischen Angaben in Ann. chim. phys. 1854, (4) 41, 336.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Sénarmont: | Hahn: |
|---|---|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *93° 0′ | 93° 0′ | 93° 0′ |
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *73 25 | 73 35 | 73 19 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 78° 40′ | — | — | — |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *57 26 | — | — |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 40 30 | 40 45 | 40 30 | 41 3 |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (100) =$ | 78 22 | 78 30 | — | — |
| $\xi : \xi = (22\bar{1}) : (2\bar{2}\bar{1}) =$ | 83 28 | — | — | — |
| $\xi' : c = (\bar{2}21) : (001) =$ | 64 7 | 64 50 | — | — |
| $\xi : a = (22\bar{1}) : (100) =$ | 62 54 | — | — | — |
| $k : c = (041) : (001) =$ | 65 8 | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ deutlich, nach $m\{110\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $b$, die 2. Mittellinie (resp. die Axenebene) bildet im spitzen Winkel $\beta$ mit der $c$-Axe nach Tschermak[16]) 55° 53′ für Rot, 55° 35′ für Gelb, 54° 45′ für Grün; Dufet[17]) fand diesen Winkel für $Na$ = 54° 0′ und bestimmte die Abweichungen davon für zahlreiche Wellenlängen; er fand die gesamte Dispersion der Axenebenen = 4° 0′. Brechungsindices und Axenwinkel nach Dufet:

| | $Li$: | $C$: | $Na$: | $Tl$: | $F$: |
|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ = | 1,4441 | 1,4445 | 1,4467 | 1,4491 | 1,4517 |
| $\beta$ = | 1,4665 | 1,4669 | 1,4694 | 1,4719 | 1,4750 |
| $\gamma$ = | 1,4695 | 1,4699 | 1,4724 | 1,4748 | 1,4778 |

$2V$ = 40° 1′ (äuß. Rot), 39° 21′ ($Na$), 37° 13′ (äuß. Violett); $2E$ = 59° 18′ ($Na$).

Tschermak fand folgende Werte:

| | $Li$: | Rotes Glas: | $Na$: | Grünes Glas: | Blaues Glas: |
|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ = | 1,4442 | 1,4458 | 1,4468 | 1,4493 | 1,4535 |
| $\beta$ = | 1,4657 | 1,4673 | 1,4686 | 1,4714 | 1,4756 |
| $\gamma$ = | 1,4686 | 1,4702 | 1,4715 | 1,4743 | 1,4785 |
| $2V$ = | 39° 52′ | 39° 52′ | 39° 36′ | 39° 22′ | 39° 22′ |
| $2E$ = | 59° 53′ (äuß. Rot), | | 59° 23′ | 58° 18′. | |

Kohlrausch[18]) fand für $Na$:

$\alpha = 1,4463$ $\beta = 1,4682$ $\gamma = 1,4712$.

Nach Des Cloizeaux[19]) ist der Axenwinkel $2E$ für Rot = 59° 30′ bei 17° C., 60° 32′ bei 36°,5 C. und 60° 56′ bei 56°,5 C., und die Axenebene für Rot dreht sich zwischen 21° und 86° C. um 3° 26′.

## Kaliumpentaborat-Tetrahydrat = $B_5O_8K.4H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,9707 : 1 : 0,8054$ Rammelsberg[20]).

Aus heißer, mit Borsäure gesättigter Kalilösung krystallisiert nach Rammelsberg die Combination $o\{111\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$; nach Lang[21]) sind die Krystalle

16) Tschermak, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1868, **57** (II), 641.

17) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 218. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 638.

18) Kohlrausch, Wiedemanns Ann. d. Physik 1878, **4**, 30. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **2**, 102.

19) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 128 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, **18**, 633).

20) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1855, **95**, 199.

21) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1862, **45**, 113.

häufig Zwillinge nach $r\{101\}$, tafelig nach $b\{010\}$ und nach der Kante $[101, 010]$ verlängert.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | V. v. Lang: |
|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *63° 36′ | 63° 44′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | — | *65 44 | — |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | 81° 42′ | — | — |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, Dispersion $\varrho < v$.

### Ammoniumpentaborat-Tetrahydrat $= B_5O_8NH_4 . 4H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,9827:1:0,8201 \text{ Rammelsberg}^{20)}.$$

Rammelsberg beobachtete die Formen: $o\{111\}$, $a\{100\}$ und $c\{001\}$, Schabus[4]) (l. c. 31) außerdem noch $r\{101\}$ als Abstumpfung der stets vorherrschenden Bipyramide $o$. Nach einer Fläche von $r\{101\}$ sind die Krystalle gewöhnlich Zwillinge von derselben Ausbildung, wie die des Kaliumsalzes. d'Achiardi[11]) gibt an, auch Drillinge nach $q\{011\}$ erhalten zu haben.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rammelsberg: | Schabus: | d'Achiardi: |
|---|---|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *64° 0′ | 64° 2′ | 64° 1′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 65° 16′ | 65 21 | 65 27 | 65 15 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *81 45 | 81 32 | — |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 79 0 | — | (79 16 ber.) | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ ziemlich gut.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $a\{100\}$; 1. Mittellinie Axe $b$; $2E = 46^\circ 30'$ für Rot, $48^\circ 24'$ für Blau (Lang[21]) l. c. 121).

## Borate zweiwertiger Metalle und deren Verbindungen mit Boraten einwertiger Metalle, mit Halogeniden und Sulfaten.

Salze, welche sich von der Orthoborsäure $B(OH)_3$ ableiten, sind von einwertigen Metallen nicht bekannt, wohl aber von zweiwertigen. Dazu gehören die folgenden, rhombisch krystallisierenden, isomorphen Körper: **Magnesium-, Mangano- und Kobaltoorthoborat** $= (BO_3)_2Mg_3$, $(BO_3)_2Mn_3$ und $(BO_3)_2Co_3$, von welchen der letzte nur unvollständig bestimmt werden konnte, und ein basisches Salz, das seltene Mineral Hambergit, **Hydroxyberylliumorthoborat** $= BO_3Be(Be.OH)$. Vom Calciumorthoborat erhielt Le Châtelier[1]) durch Auflösen von $B_2O_3$ und $CaO$ in schmelzendem $CaCl_2$ eine Verbindung **Calciumorthoborat-Calciumchlorid** $= (BO_3)_2Ca_3 . CaCl_2$, welche durch Wasser zersetzt wird; die Krystalle sind trikline Combinationen: $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{010\}$, $\{hkl\}$, $\{h\bar{k}l\}$, $\{hk\bar{l}\}$ und $\{h\bar{k}\bar{l}\}$; $(110):(010) = 54^\circ 50'$, $(1\bar{1}0):(0\bar{1}0) = 53^\circ 40'$, $[hkl, h\bar{k}l]:[001] = 55\frac{1}{2}^\circ$, $[hk\bar{l}:h\bar{k}\bar{l}]:[00\bar{1}] = 75^\circ$; Ebene der optischen Axen parallel $\{100\}$, die beiden Mittellinien ungefähr gleich geneigt zu $\{010\}$. Auf die Orthoborsäure kann endlich

1) Le Châtelier, Compt. rend. 1884, **99**, 276. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 195.

auch bezogen werden die Zusammensetzung des rhombischen Minerales Sulfoborit; dasselbe ist eine Verbindung mit einem Sulfate, nämlich **Magnesiumsulfatoborat-Hydrat**, dessen Formel geschrieben werden kann: $2BO_3MgH.SO_4Mg.3\frac{1}{2}H_2O$.

Von der Säure $BO.OH$ leitet sich das rhombisch krystallisierende **Calciummetaborat** $= (BO_2)_2Ca$ ab, und mit diesem ist isomorph **Strontiummetaborat** $= (BO_2)_2Sr$, welches ebenso dargestellt wurde und nach Mallard[2]) dünne Täfelchen nach $b\{010\}$ bildet, an denen nur eine approximative Messung $(101):(\bar{1}01) = 66°,4$ ausgeführt werden konnte; Spaltbarkeit nach $\{100\}$, $\{010\}$ und $\{101\}$ wie beim Calciumsalze; specifisches Gewicht 3,34. Ein wasserhaltiges Salz derselben Säure ist der durch seine pyramidal tetragonale Symmetrie interessante Pinnoït, **Magnesiummetaborat-Trihydrat** $= (BO_2)_2Mg.3H_2O$.

Salze einer Tetraborsäure, deren Constitution verschieden ist von derjenigen, welche der Zusammensetzung der Tetraborate einwertiger Metalle (S. 729) zugrunde liegt, sind die beiden triklin krystallisierenden Verbindungen: **Trimagnesium-** und **Trimanganotetraborat** $= B_4O_9Mg_3$ und $B_4O_9Mn_3$, deren Isomorphie durch die Bildung von Mischkrystallen nachgewiesen wurde; auch das entsprechende Kobaltosalz $B_4O_9Co_3$ bildet mit $B_4O_9Mg_3$ isomorphe Mischungen von derselben Krystallform.

Krystallisierte wasserfreie Polyborate zweiwertiger Metalle und Doppelsalze mit den Boraten einwertiger Metalle sind mehrere dargestellt, aber keines krystallographisch untersucht worden; ebenso ist die Krystallform mehrerer wasserhaltiger, hierher gehöriger Körper, welche sich in der Natur finden, wie z. B. des Pandermits $B_6O_{11}Ca_2.3H_2O$ und des Boronatrocalcits $B_5O_9CaNa.6H_2O$, unbekannt, da sie nur in dichten oder faserigen Aggregaten vorkommen. Unter den Calciumsalzen ist nur ein schön krystallisiertes Mineral, d. i. der monokline Colemanit, **Calciumhexaborat-Pentahydrat** $= B_6O_{11}Ca_2.5H_2O$. Von Doppelsalzen dieser Art sind krystallographisch bestimmt worden das monokline **Natriummagnesiumpentaborat-Pentakaidekahydrat** $= B_5O_9MgNa.15H_2O$ und das domatisch monokline Mineral Kaliborit, ein **Kaliummagnesiumborat-Hydrat**, dessen Formel an den natürlichen Krystallen zu $B_{11}O_{20}Mg_2KH_2.6H_2O$ bestimmt wurde, während die Analyse der künstlich dargestellten, allerdings krystallographisch nicht identificierten Substanz, sowie die eines natürlichen krystallinischen Aggregates, die Zusammensetzung: $B_{11}O_{19}Mg_2K.9H_2O$ ergab.

Das durch seine ausgezeichnet pseudokubische Krystallform bekannte Mineral Boracit ist ein **Magnesiumchloroborat** von der Zusammensetzung $B_{16}O_{30}Cl_2Mg_7$; die aus rhombischen Partien zusammengesetzten, scheinbar hexakistetraëdrischen Krystalle wandeln sich bei 265° unter deutlicher Contraction und erheblicher Wärmebindung in kubische (einfachbrechende) um und zerfallen beim Abkühlen unter diese Temperatur wieder in ein

---

2) Mallard, Bull. soc. fr. min. 1892, **15**, 15 f. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **23**, 482.

Aggregat doppeltbrechender Lamellen. Der grüne, sogen. Eisenboracit, in welchem ein Teil des *Mg* durch *Fe* vertreten ist, erfährt diese Umwandlung erst bei 285°. Rousseau und Allaire[3]) stellten das reine **Ferrochloroborat** $= B_{16}O_{30}Cl_2Fe_7$ durch Erhitzen von Calciumborat mit $FeCl_2$-Dämpfen im $CO_2$-Strom in doppeltbrechenden Hexaëdern dar, ebenso die Mangano-, Nickel-, Zink- und Cadmiumverbindung in Tetraëdern oder Combinationen solcher mit {110} und {100}. Auf analoge Weise erhielt Allaire[4]) Jodboracite derselben Metalle in den gleichen Formen.

### Magnesiumorthoborat $= (BO_3)_2Mg_3$.

Spec. Gew. 2,987 Ebelmen[5]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,6412:1:0,5494$ Mallard[6]).

Die von Ebelmen durch Zusammenschmelzen von 3 T. Borsäure mit 5 T. *MgO* erhaltenen Krystalle sind nach Mallard Prismen *m*{110}, selten mit den Endflächen *q*{011}, *r*{101} und *t*{403}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *65° 20′ |
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *74 56 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 57° 34′ | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 49 24 | 49 1 ca. |
| $t:a = (403):(100) =$ | 41 12 | 40 36 » |

Spaltbarkeit nach *m*{110} ziemlich vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene *b*{010}; 1. Mittellinie Axe *c*, $2E = 43° 18'$, Dispersion schwach, $\varrho > v$; Brechungsindices: $\alpha = 1,6527$, $\beta = 1,6537$, $\gamma = 1,6748$ (*Na*).

### Manganoorthoborat $= (BO_3)_2Mn_3$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,6511:1:0,5351$ Mallard[6]).

Dargestellt von Ebelmen durch Zusammenschmelzen der Bestandteile in dem der Formel entsprechenden Verhältnisse. Rhombische Prismen *m*{110} mit untergeordnetem *a*{100}, selten mit einzelnen Endflächen von *q*{011}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *66° 8′ |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *75 5 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 56° 18′ | — |

Spaltbarkeit nach *m*{110} ziemlich vollkommen.

### Kobaltoorthoborat$=(BO_3)_2Co_3$.

Rhombisch. $a:b = 0,6461$ Mallard[6]).

Dargestellt wie vor. Kleine Prismen *m*{110} mit *a*{100}.

$$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*65° 45' \text{ beob.}$$

3) Rosseau u. Allaire, Compt. rend. 1893, **116**, 1195, 1445; 1894, **118**, 1255, **119**, 71. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 307; **26**, 109.

4) Allaire, Compt. rend. 1898, **127**, 555. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **32**, 635.

5) Ebelmen, Compt. rend. 1851, **32**, 331. Annales d. mines 1851, (5) **2**, 353. Ann. chim. phys. 1851, (3) **33**, 34 f. Ebelmen, Chimie, Céramique etc. Par. 1861, **1**, 175.

6) Mallard, Compt. rend. 1887, **105**, 1260. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 605. Annales d. mines 1887, (8) **12**, 427, 460. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 650.

**Hydroxyberylliumorthoborat** (Hambergit) = $BO_3Be(Be.OH)$.

Spec. Gew. 2,35 Brögger (nat. Kryst.).

Rhombisch. $a:b:c = 0,7988:1:0,7267$ Brögger (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt die Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$.

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $a\{100\}$ weniger vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $c$; $2V = 86°50'$ *Li*, $87°7'$ *Na*, $87°24'$ *Tl*; Brechungsindices nach Brögger:

| | | | |
|---|---|---|---|
| für *Li*: | $\alpha = 1,5542$ | $\beta = 1,5891$ | $\gamma = 1,6294$ |
| » *Na*: | 1,5595 | 1,5908 | 1,6311 |
| » *Tl*: | 1,5693 | 1,5928 | 1,6331 |

**Magnesiumsulfatoborat-Hydrat** (Sulfoborit) = $2BO_3MgH.SO_4Mg.3\frac{1}{2}H_2O$.

Spec. Gew. 2,440 Thaddeeff (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6196:1:0,8100$ Bücking (nat. Kryst.).

Die natürlichen Krystalle zeigen vorherrschend $\{110\}$ und $\{111\}$, ferner $\{010\}$, $\{001\}$ und $\{101\}$.

Spaltbarkeit nach $\{110\}$ ziemlich vollkommen, nach $\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $c$; $2V = 86°42'$ *Li*, $86°52'$ *Na*, $86°50'$ *Tl*; Brechungsindices für *Na* nach Bücking: $\alpha = 1,5272$, $\beta = 1,5362$, $\gamma = 1,5443$.

**Calciummetaborat** = $(BO_2)_2Ca$.

Spec. Gew. 2,65 Mallard[2]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,539:1:0,372$ Mallard[2]).

Die von Le Châtelier durch Zusammenschmelzen von $1B_2O_3$ mit $1CaO$ erhaltenen Krystalle sind nach Mallard dünne, vertical verlängerte Täfelchen nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $l\{210\}$, $t\{405\}$, $k\{031\}$.

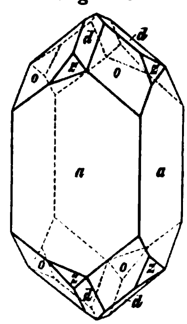
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *56° 38' |
| $l:a = (210):(100) =$ | 15° 5' | 14 41 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | — | *69 14 (Spaltungsfl.) |
| $t:a = (405):(100) =$ | 61 5 | 61 4 |
| $k:b = (031):(010) =$ | 41 52 | 42 31 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollk., nach $r\{101\}$ deutlich, nach $b\{010\}$ unvollk.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $a$, $2E = 90°24'$ *Na*; Brechungsindices für *Na*: $\alpha = 1,540$, $\beta = 1,656$, $\gamma = 1,682$.

**Magnesiummetaborat-Trihydrat** = $(BO_2)_2Mg.3H_2O$
(nat. Pinnoït).

Fig. 829.



Spec. Gew. 3,27 Staute, 3,73 Luedecke (nat. Kryst.).

Tetragonal pyramidal. $a:c = 1:0,7609$.

Van't Hoff und Bruni[7]) erhielten aus einer eingedampften Lösung von Borax und Magnesiumchlorid durch Einimpfen mit natürlichem Pinnoït bei 100° das Salz in gut ausgebildeten Nadeln, welche jedoch nicht krystallographisch untersucht wurden.

Die seltenen und sehr kleinen natürlichen Krystalle zeigen nach Luedecke die Combination Fig. 829: $a\{100\}$, $o\{111\}$, $d\{101\}$, $z\{132\}$.

7) Van't Hoff u. Bruni, Sitzungsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1902, 805. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 38, 176.

### Trimagnesiumtetraborat = $B_4O_9Mg_3$.

Triklin pinakoidal.

$a : b = 1{,}795 : 1$ Mallard[6]).

$\alpha = 91^\circ 47'$, $\beta = 123^\circ 46'$, $\gamma = 77^\circ 12'$.

Beim Zusammenschmelzen von Borsäure und Magnesia erhielt Ebelmen neben dem Orthoborate (s. S. 736) lange Prismen $\mu\{1\bar{1}0\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, an denen außerdem nur eine Fläche vollkommener Spaltbarkeit $c\{001\}$ zu constatieren war.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m : a$ | $= (110) : (100) =$ | — | *66° 22′ |
| $m : b$ | $= (110) : (010) =$ | — | *37 52 |
| $\mu' : b$ | $= (\bar{1}10) : (010) =$ | 29° 9′ | 29 5 |
| $a : c$ | $= (100) : (001) =$ | — | *55 43 |
| $b : c$ | $= (010) : (001) =$ | — | *96 31 |
| $m : c$ | $= (110) : (001) =$ | 75 41 | 75 26 ca. |
| $\mu : c$ | $= (1\bar{1}0) : (001) =$ | 68 26 | 68 38 » |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $m\{110\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; die Axenebene bildet 79° mit der Kante [001, 110]; eine Axe fast normal (ca. 6° geneigt) zu $c\{001\}$.

### Trimanganotetraborat = $B_4O_9Mn_3$.

Spec. Gew. 3,61 Mallard[6]).

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 1{,}8373 : 1 : 2{,}0120$ Mallard[6]).

$\alpha = 92^\circ 6'$, $\beta = 123^\circ 58'$, $\gamma = 76^\circ 26'$.

Entsteht nach Ebelmen in geringer Menge bei der Darstellung des Orthoborates, bei Anwendung von mehr Borsäure allein. Außer den vollkommenen Spaltflächen nach $c\{001\}$ wurden von Mallard an dem Präparate Ebelmens folgende Formen beobachtet: $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$, $x\{112\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : m$ | $= (100) : (110) =$ | — | *67° 39′ |
| $m : b$ | $= (110) : (010) =$ | — | *37 20 |
| $\mu' : b$ | $= (\bar{1}10) : (010) =$ | 28° 26′ | 28 23 |
| $a : c$ | $= (100) : (001) =$ | — | *55 31 |
| $\varrho : a$ | $= (10\bar{1}) : (100) =$ | — | *55 50 |
| $m : c$ | $= (110) : (001) =$ | — | *75 55 |
| $x : c$ | $= (112) : (001) =$ | 35 33 | 36 0 ca. |
| $b : c$ | $= (010) : (001) =$ | 96 44 | — |
| $\mu : c$ | $= (1\bar{1}0) : (001) =$ | 68 27 | — |
| $\varrho' : m$ | $= (\bar{1}01) : (110) =$ | 79 19 | 79 33 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $m\{110\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; durch $c\{001\}$ ein Axenbild $8\frac{1}{2}^\circ$ zur Normalen geneigt sichtbar; die 1. Mittellinie bildet mit der Normalen zu $m\{110\}$ 63° 0′, mit ⊥ $c\{001\}$ 27° 43′, mit ⊥ $a\{100\}$ 29° 11′; Brechungsindices: $\alpha = 1{,}617$, $\beta = 1{,}738$, $\gamma = 1{,}776$ ($Na$).

### Calciumhexaborat-Pentahydrat (Colemanit) = $B_6O_{11}Ca_2 . 5H_2O$.

Spec. Gew. 2,428 Evans, 2,417 Bodewig und vom Rath (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}7769 : 1 : 0{,}5416$; $\beta = 110^\circ 17'$ Bodewig und v. Rath.

Das Mineral bildet flächenreiche Krystalle, an denen gewöhnlich die Formen: {110}, {111}, {011} und {22$\bar{1}$} vorherrschen.

Spaltbarkeit nach {010} vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu {010}, die 1. Mittellinie bildet in {010} 83° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; Brechungsindices nach Mülheims:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ |
|---|---|---|---|---|
| Linie $B$: | $\alpha = 1{,}58230$ | $\beta = 1{,}58807$ | $\gamma = 1{,}60978$ | $2V = 55°\ 9'$ |
| » $C$: | 1,58345 | 1,58922 | 1,61100 | 55 $4\frac{1}{2}$ |
| » $D$: | 1,58626 | 1,59202 | 1,61398 | 54 52 |
| » $E$: | 1,58952 | 1,59531 | 1,61762 | 54 38 |
| » $F$: | 1,59214 | 1,59810 | 1,62044 | 54 25 |

Bodewig und vom Rath beobachteten für $Na$: $2E = 95°15'$, Hiortdahl: $2E = 95°1'$.

### Natriummagnesiumpentaborat-Pentakaidekahydrat $= B_5O_9MgNa.15H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1761:1:1{,}1206$; $\beta = 112°26'$ Rammelsberg[8]).

Rhomboëderähnliche Combinationen von $m\{110\}$ und $c\{001\}$ mit $q\{011\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *94°46′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *75 0 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *92 0 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 87°16′ | 88 39 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 64 55 | 63 40 |

### Kaliummagnesiumborat-Hydrat (Kaliborit) $= B_{11}O_{20}Mg_2KH_2.6H_2O$(?).

Spec. Gew. 2,129 Luedecke (nat. Kryst.).

Monoklin domatisch.

$a:b:c = 1{,}2912:1:1{,}7572$; $\beta = 122°19'$ Luedecke (nat. Kryst.).

Van 't Hoff[9]) stellte das Salz in undeutlichen Krystallen dar durch Erhitzen einer Lösung der sauren Borate von Magnesium und Kalium.

Das Mineral zeigt die Formen: {100}, {00$\bar{1}$}, {001}, {$\bar{1}$11}, {$\bar{1}$02}, seltener {11$\bar{1}$}, {$\bar{1}$00} und {21$\bar{1}$}; häufig ist die einfachere Combination {100}, {001}, {10$\bar{2}$}, {$\bar{1}$11}.

Spaltbarkeit nach {001} und {10$\bar{2}$} vollkommen, nach {100} weniger vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet in {010} mit der $c$-Axe $64\frac{3}{4}°$ im stumpfen Winkel $\beta$; Axenwinkel groß (in Glas, dessen $n = 1{,}6213$, ist $2H_o = 100\frac{1}{2}°$), $\alpha = 1{,}354$ ($Na$).

### Magnesiumchloroborat (Boracit) $= B_{16}O_{30}Cl_2Mg_7$.

Spec. Gew. 2,91—2,97 (nat. Kryst.), 2,89 Grammont[10]).

Pseudokubisch (hexakistetraëdrisch).

8) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1840, 49, 451.

9) Van 't Hoff, Sitzungsber. k. pr. Akad. d. Wiss. Berlin 1902, 1008. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 38, 176.

10) A. de Grammont, Bull. soc. min. fr. 1890, 13, 252. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 21, 279.

Heintz[11]) und Bourgeois[12]) erhielten die Substanz durch Schmelzen von Borsäure bzw. Borax mit $NaCl$ und $MgCl_2$; letzterer beobachtete Tetraëder, aus doppeltbrechenden Sectoren bestehend. Grammont[10]) erhitzte $MgCl_2$ und Borax mit wenig Wasser auf ca. 275°; es entstanden kleine, ebenfalls aus doppeltbrechenden Teilen zusammengesetzte Tetraëder, z. Teil mit Gegentetraëder und Trigondodekaëder.

Die natürlichen Krystalle bilden scheinbar kubische Combinationen: $\{111\}$, $\{100\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{110\}$, $\{2\bar{1}1\}$, selten $\{531\}$, und sind nach den Untersuchungen von Mallard, Klein, Baumhauer u. a. complicierte Verwachsungen rhombischer Krystalle, deren Axenwinkel $2V = 84^\circ$ ca., und deren Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1{,}662$, $\beta = 1{,}667$, $\gamma = 1{,}673$ (Mallard). Die pyroëlektrischen Eigenschaften sind z. Teil denen eines kubischen Krystalls analog, z. Teil auch durch die Zwillingsbildung compliciert.

## Borate mit drei- bzw. vierwertigen Metallen.

Vom Aluminium sind zwei basische Borate bekannt, das aus dem Schmelzflusse dargestellte **Trioxyaluminiumorthoborat** $= BO_3(AlO)_3$, welches rhombisch krystallisiert, und das seltene Mineral Jeremejewit, **Oxyaluminiummetaborat** $= BO_2(AlO)$; letzteres krystallisiert hexagonal (nach Websky ist $a:c = 1:0{,}6836$), die Krystalle bestehen aber nur z. Teil aus optisch einaxiger Substanz, z. Teil aus einer pseudohexagonal-rhombischen Drillingsverwachsung, für welche Websky die Elemente $a:b:c = 0{,}5523:1:0{,}5434$ annimmt; $2E = 52^\circ$, $\varrho > v$; $\beta = 1{,}64$. Ein anderes, sehr seltenes Mineral, der Rhodizit, ist **Kaliumdioxyaluminiummetaborat** $= (BO_2)_3(AlO)_2K$ und bildet dem Boracit ähnliche, pseudokubisch-hexakistetraëdrische Krystalle, welche nach Klein aus monoklinen Partien mit den Elementen $a:b:c = 0{,}7071:1:1$, $\beta = 90^\circ$ ca. aufgebaut sind. Borate seltener Erden sind zwar in krystallisiertem Zustande dargestellt, aber nicht gemessen worden.

Das einzige krystallographisch bekannte borsaure Salz, welches ein vierwertiges Metall enthält, ist das äußerst seltene, trigonal krystallisierende Mineral Nordenskiöldin, **Calciumstanniorthoborat** $= (BO_3)_2SnCa$; diese Verbindung, welche übrigens auch künstlich dargestellt worden ist, kann natürlich auch als ein Orthostannat $SnO_4(BO)_2Ca$ aufgefaßt werden.

### Trioxyaluminiumorthoborat $= BO_3(AlO)_3$.

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}974:1:0{,}679$ Mallard[1]).

Diese Verbindung erhielt Ebelmen[2]) bei einem Versuche, Cadmiumborat darzustellen, durch Zusammenschmelzen von $B_2O_3$, $Al_2O_3$ und $CdO$. Die

11) Heintz, Poggendorffs Ann. d. Physik 1860, **110**, 613.

12) Bourgeois, Réprod. artif. d. minér. 155 (Encycl. chim., Paris 1884, **2**, 1. App.).

1) Mallard, Compt. rend. 1887, **105**, 1260. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 605. Annales d. mines 1887, (8) **12**, 427, 460. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 650.

2) Ebelmen, Compt. rend. 1851, **32**, 331. Ann. chim. phys. 1851, (3) **33**, 34 f. Chimie, Céramique etc. Paris 1861, **1**, 189.

nadelförmigen Krystalle sind nach Mallard Combinationen von $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$; einmal wurde eine Fläche von $o\{111\}$ beobachtet:

$$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*88^\circ 30' \text{ beob.}$$
$$o:m = (111):(110) = {}^*45\ 48 \quad »$$

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie Axe $c$; Brechungsindices für $Na$: $\alpha = 1{,}586$, $\beta = 1{,}603$, $\gamma = 1{,}623$; $2V = 87^\circ 5'$.

### Calciumstanniorthoborat (Nordenskiöldin) = $(BO_3)_2SnCa$.

Spec. Gew. 4,8 Schulten[3]), 4,2 Cleve (nat. Kryst.).

Trigonal. $\alpha = 102^\circ 58'$ ($a:c = 1:0{,}8221$ Brögger).

Die Verbindung wurde dargestellt von Ouvrard[3]) durch Schmelzen der Bestandteile mit einem Überschusse von Borsäure; bessere Krystalle ergab die Einwirkung von Zinnchlorid in einem trockenen Luftstrome auf Calciumborat bei Rotglut; nach Schulten entstehen hierbei Tafeln nach $c\{111\}$, begrenzt von dem Rhomboëder $t\{3\bar{1}\bar{1}\}$.

Die natürlichen Krystalle sind ebenfalls tafelförmig nach $c\{111\}$, zeigen aber als Randflächen $a\{10\bar{1}\}$ und $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (100):(010)$ | $= 73^\circ 12'$ | — |
| $r:c = (100):(111)$ | $= 43\ 30\frac{1}{2}$ | — |
| $t:c = (3\bar{1}\bar{1}):(111)$ | $= 75\ 15$ | $75^\circ 24'$ |

Spaltbarkeit nach $c\{111\}$ sehr vollkommen.
Doppelbrechung negativ.

## Borosilicate.

Eine Reihe von natürlichen Silicaten, bei deren Bildung pneumatolitische Processe eine Rolle spielten, enthalten Bor und sind wohl als Salze complexer Borokieselsäuren aufzufassen. Den höchsten Borsäuregehalt unter diesen besitzt der Howlith $SiB_5O_9(OH)_5Ca_2$, welcher nicht in ausgebildeten Krystallen bekannt ist. Das einfachste Verhältnis $Si:B = 1:1$ kommt mehreren dieser Mineralien zu: dem rhombisch krystallisierten Danburit, **Calciumborosilicat** $= Si_2B_2O_8Ca$; ebenso dem monoklinen Datolith, **Calciumhydroxyborosilicat** $= SiBO_4(OH)Ca$; eine vollständige krystallographische Übereinstimmung mit dem letzteren Minerale zeigt der seltene Homilit, **Calciumferroborosilicat** $= Si_2B_2O_{10}FeCa_2$, dessen Formel man von derjenigen des Datoliths (verdoppelt) $= Si_2B_2O_{10}H_2Ca_2$ durch Ersetzung der beiden Wasserstoffatome durch $Fe$ ableiten kann. Eine auffallende Ähnlichkeit zeigen die Krystallformen beider Mineralien auch mit denen des Gadolinits $= Si_2Y_2O_{10}FeBe_2$ (S. 284), bei welchem jedoch das Vorherrschen steilerer Formen die Wahl von Elementen mit dem doppelten $c$ als naturgemäßer erscheinen läßt. Ein sehr seltenes, hexagonal krystallisierendes ($a:c = 1:1{,}2903$) Mineral, Cappelenit, hat ungefähr die Zusammensetzung

3) Ouvrard (Krystallbest. von de Schulten), Compt. rend. 1906, **143**, 315. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **45**, 187.

$Si_3B_6O_{25}Y_6Ba$. Die übrigen, hier in Betracht kommenden Mineralien sind erheblich ärmer an Bor. Dem rhombischen **Aluminiumborosilicat** Dumortierit kann die Formel $Si_7B_2O_{44}Al_{18}$ zugeschrieben werden, in welcher jedoch der jedenfalls wesentliche Gehalt an Hydroxyl nicht berücksichtigt ist; auch ergeben die Analysen z. Teil einen etwas höheren Borgehalt. Im wesentlichen ein Calciumaluminiumborosilicat von der Zusammensetzung $Si_8B_2O_{32}Al_4Ca_7$ ist der trikline Axinit, in welchem aber stets ein beträchtlicher Teil des *Ca* durch *Fe*, *Mn* und *Mg* vertreten ist, und der stets Hydroxyl enthält (der Wasserstoff desselben ist in der Formel den Metallen zugerechnet.

Die complicierteste Zusammensetzung hat endlich das häufigste in der Natur vorkommende Borosilicat, der Turmalin, der wichtigste Vertreter der ditrigonal-pyramidalen Symmetrie. Nach Penfield und Ford sind sämtliche Varietäten dieses Minerals Derivate einer complexen Borkieselsäure von der Zusammensetzung $Si_4B_2O_{21}H_{20}$; da immer mindestens $2H$ nicht durch Metalle ersetzt sind, und außerdem stets mehr als die Hälfte der übrigen Wasserstoffatome durch Aluminium vertreten werden, so betrachten die Genannten den Turmalin als ein Salz einer Alumoborokieselsäure von der Formel $Si_4O_{19}(B.OH)_2Al_3H_9$, in welcher der Wassserstoff größtenteils durch Metalle, und zwar dreiwertige (besonders *Al*), zweiwertige (*Mg* und *Fe*) und einwertige (besonders *Li*) in wechselnden Verhältnissen ersetzt sind.

Mit Ausnahme des Datoliths, von welchem aber auch keine meßbaren Krystalle erhalten wurden, konnte keines der vorstehend besprochenen Mineralien bisher künstlich dargestellt werden.

### Calciumborosilicat (Danburit) = $Si_2B_2O_8Ca$.

Spec. Gew. 2,95—3,02 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,5445:1:0,4801$ Schuster (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet oft sehr flächenreiche, meist prismatische Krystalle, an denen gewöhnlich die Formen {110}, {120} und am Ende {101} und {142} vorherrschen.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen {001}, 1. Mittellinie für Rot bis Grün Axe *b*, für Blau und Violett Axe *a*; Brechungsindices nach Hintze:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für *Li*: | $\alpha = 1,6258$ | $\beta = 1,6293$ | $\gamma = 1,6331$ | $2V = 88°\ 4'$ |
| » *Na*: | 1,6317 | 1,6340 | 1,6363 | 88 29 |
| » *Tl*: | 1,6356 | 1,6375 | 1,6393 | 89 14 |

### Calciumhydroxyborosilicat (Datolith) = $SiBO_4(OH)Ca$.

Spec. Gew. 3,05 Grammont[1]), 2,9—3,0 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6329:1:0,6345$; $\beta = 90°\,9'$ Dauber (nat. Kryst.).

1) A. de Grammont, Compt. rend. 1891, **113**, 83. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 578.

Mikroskopische, nicht meßbare, anscheinend monokline Krystalle erhielt Grammont durch Erhitzen von Borax mit gefälltem Kalksilicat und Wasser in einem Stahlrohre auf 400°.

Die natürlichen Krystalle sind meist sehr flächenreich; die gewöhnlichsten Formen sind: {110}, {120}, {100}, {001}, {011}, {122}, {11$\bar{1}$} und {101}.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}; die 1. Mittellinie bildet 1°—4° ($\varrho < v$) mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; Brechungsindices nach Brugnatelli:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für *Li*: | $\alpha = 1{,}6214$ | $\beta = 1{,}6492$ | $\gamma = 1{,}6659$ | $2V = 74°26'$ |
| » *Na*: | 1,6246 | 1,6527 | 1,6694 | 74 8 |

### Calciumferroborosilicat (Homilit) = $Si_2B_2O_{10}FeCa_2$.

Spec. Gew. 3,28—3,34 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}6245:1:0{,}6418$; $\beta = 90°22'$ Brögger (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt vorherrschend die Formen {001} und {100}, außerdem gewöhnlich noch {110}, {011}, {111}, {021}, {22$\bar{1}$} und {221}.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu {010}; 1. Mittellinie bildet 1° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; $2V = 77°59'$ (rot).

### Aluminiumborosilicat (Dumortierit) = $Si_7B_2O_{44}Al_{18}$(?).

Spec. Gew. 3,2—3,4 (nat. Kryst.).

Rhombisch. $a:b = 0{,}532:1$.

Dünne Prismen ohne Endflächen.

Spaltbarkeit nach {100} deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}; 1. Mittellinie Axe $c$; $2V = 30°$ ca. mit starker Dispersion $\varrho > v$; Brechungsindices nach Linck für *Na*: $\alpha = 1{,}678$, $\beta = 1{,}686$, $\gamma = 1{,}689$. Farbe blau oder grün mit lebhaftem Pleochroïsmus.

### Axinit = $Si_8B_2O_{32}Al_4(Ca, Fe, Mn, Mg, H_2)_7$.

Spec. Gew. 3,27—3,29.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}4927:1:0{,}4511$ G. vom Rath.

$\alpha = 82°54'$, $\beta = 88°9'$, $\gamma = 131°33'$.

Die Krystalle zeigen gewöhnlich vorherrschend die Formen {110}, {1$\bar{1}$0}, {1$\bar{1}$1}, untergeordnet {100}, {201}, {111} u. a.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung negativ; die Axenebene bildet 24⅔′ mit der Kante [111 . 1$\bar{1}$1] und 40° mit [111 : 1$\bar{1}$0]; 1. Mittellinie nahe senkrecht zu {111}; Brechungsindices und Axenwinkel nach Des Cloizeaux.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| f. Rot: | $\alpha = 1{,}6720$ | $\beta = 1{,}6779$ | $\gamma = 1{,}6810$ | $2V = 71°38'$ | $2E = 158°13'$ |
| f. Blau: | 1,6850 | 1,6918 | 1,6954 | 71 49 | 165 38 |

Farbe braun mit starkem Pleochroïsmus (𝔞 blaß grünlich, 𝔟 violblau, 𝔠 zimtbraun).

Pyroëlektricität stark; die Flächen von {1$\bar{1}$0} und {201} werden beim Erkalten negativ, die von {110} und {1$\bar{1}$1} vorwiegend positiv.

**Turmalin** = $Si_4O_{19}(B.OH)_2Al_3(\frac{1}{3}Al, \frac{1}{2}Mg, \frac{1}{2}Fe, Li, Na, H)_9$.

Spec. Gew. 3,0—3,2.
Ditrigonal bipyramidal.

$$\alpha = 113^\circ 58' \; (a : c = 1 : 0{,}4474 \text{ Kupffer}).$$

Das Mineral zeigt vorherrschend die Prismen $\{\bar{2}11\}$ und $\{10\bar{1}\}$, am antilogen Pole der elektrischen (Haupt-) Axe $\{100\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{20\bar{1}\}$ und zahlreiche andere Formen, am analogen Pole oft nur $\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ oder $\{\bar{1}00\}$ und $\{\bar{1}\bar{1}0\}$.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Die Brechungsindices farbloser (eisenfreier) Turmaline wurden besonders von d'Achiardi bestimmt:

| | *Li*: | *Na*: | *Tl*: | Indigoblau: | | *Li*: | *Na*: | *Tl*: | Indigoblau: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\omega$ = | 1,6411 | 1,6445 | 1,6480 | 1,6557 | $\varepsilon$ = | 1,6190 | 1,6222 | 1,6259 | 1,6314 |
| | 1,6407 | 1,6441 | 1,6473 | 1,6549 | | 1,6211 | 1,6242 | 1,6270 | 1,6332 |
| | 1,6397 | 1,6426 | 1,6455 | 1,6555 | | 1,6189 | 1,6225 | 1,6254 | 1,6340 |
| | 1,6390 | 1,6424 | 1,6457 | 1,6512 | | 1,6191 | 1,6222 | 1,6250 | 1,6314 |
| | 1,6393 | 1,6422 | 1,6460 | 1,6537 | | 1,6198 | 1,6225 | 1,6253 | 1,6340 |

Für *Na* fand Miklucho-Maclay: $\omega = 1{,}6397$, $\varepsilon = 1{,}6208$, Zimányi: $\omega = 1{,}6386$, $\varepsilon = 1{,}6202$. Die Werte sind also schon für die farblosen Turmaline schwankend, noch mehr für die gefärbten, welche meist, und die eisenreichen wohl immer, eine höhere Brechbarkeit besitzen. In den farbigen Turmalinen wird bekanntlich der ordinäre Strahl im Verhältnisse zum extraordinären außerordentlich stark absorbiert.

## Borowolframate.

Eine complexe Borowolframsäure wurde von Klein[1]) in pseudooktaëdrischen Krystallen (s. 1, 130) erhalten, denen nach ihm die Formel $W_9B_2O_{32}H_4.22H_2O$ zukommt; die zahlreichen, von ihm beschriebenen Salze dieser Säure zeigen in krystallographischer Beziehung mehrfach auffallende Ähnlichkeiten mit Metawolframaten und kieselwolframsauren Salzen, und dies veranlaßte Klein, derartige Verbindungen als isomorph zu betrachten und anzunehmen, daß die in ihnen vorherrschende Wolframsäure die Krystallform wesentlich bestimme, ohne Rücksicht auf sonstige Verschiedenheiten der Zusammensetzung (z. B. verschiedenen Gehalt an Krystallwasser). Diese Annahme eines sogenannten »Massenisomorphismus« ist jedoch nur durch recht unvollständige Untersuchungen gestützt, und die genauere Erforschung dieser Körper wird wohl zu einer anderen Auffassung der hier herrschenden krystallochemischen Verhältnisse führen.

In der nächsten Beziehung zu der erwähnten Säure steht jedenfalls das **Dinatriumborowolframat-Triskaïkosihydrat**, welches unter Annahme der obigen Formel für die Säure als saures Salz zu betrachten ist und alsdann den gleichen Gehalt an Krystallwasser hat, somit die Formel: $W_9B_2O_{32}Na_2H_2.22H_2O$ erhält; dieses krystallisiert pseudooktaëdrisch tetragonal mit fast genau denselben Winkeln, wie die Säure, hier scheint also

1) D. Klein, Sur les acides borotungstiques. Thèse prés. à la Faculté d. sciences. Par. 1883 (Ann. chim. phys. 1883, (5) 28, 350 f.).

in der Tat das Molekulargewicht der Verbindung es zu bewirken, daß der Eintritt von zwei Natriumatomen für Wasserstoff keine erhebliche Änderung der Krystallstructur hervorbringt. Normale Salze einwertiger Metalle führt Klein folgende an: **Thalloborowolframat-Pentahydrat** = $W_9B_2O_{32}Tl_4.5H_2O$, mikroskopische rectanguläre Tafeln mit Abstumpfungen der Ecken unter ca. 45°, mit symmetrischem, optischem Axenbilde, also rhombisch (l. c. 50); **Natriumborowolframat-Hendekahydrat** = $W_9B_2O_{32}Na_4.11H_2O$, monoklin; **Kaliumborowolframat-Triskaidekahydrat** = $W_9B_2O_{32}K_4.13H_2O$, hexagonale Prismen mit einer flachen Bipyramide, deren Polkante = 43°20′ (l. c. 39); **Silberborowolframat-Tesserakaidekahydrat** = $W_9B_2O_{32}Ag_4.14H_2O$, einfach brechende quadratische Täfelchen (l. c. 52); **Ammoniumborowolframat-Oktokaidekahydrat** = $W_9B_2O_{32}(NH_4)_4.18H_2O$, sehr rasch verwitternde, oktaëderähnliche (tetragonale?) Bipyramiden {111}, selten noch {001} und noch seltener {100}; (111):(1$\bar{1}$1) = 70°6′ (l. c. 34). Der letzte dieser Körper hat also eine ähnliche Form, wie das metawolframsaure Salz $W_4O_{13}(NH_4)_2.8H_2O$ (s. S. 606), und ebenso krystallisieren pseudooktaëdrisch die Borowolframsäure (s. S. 744) und die Metawolframsäure $W_4O_{13}H_2.8H_2O$ (s. **1**, 117), für welche man wohl ebensowenig, wie für die beiden Ammoniumsalze, Isomorphie anzunehmen berechtigt ist.

Von derselben Säure beschreibt Klein ferner eine Anzahl Salze zweiwertiger Metalle. **Calciumborowolframat-Pentakaidekahydrat** = $W_9B_2O_{32}Ca_2.15H_2O$ krystallisiert triklin. **Baryumborowolframat-Oktokaidekahydrat** = $W_9B_2O_{32}Ba_2.18H_2O$ bildet große, dem regulären Oktaëder ähnliche tetragonale Bipyramiden, die Klein für isomorph mit dem Baryummetawolframat $W_4O_{13}Ba.9\frac{1}{2}H_2O$ hält, von welchem er sogar gefunden haben will, daß es in einer übersättigten Lösung des borowolframsauren Salzes die Krystallisation bewirkt; in Anbetracht des Umstandes, daß die Pseudooktaëder des Metawolframates nicht tetragonal sind, sondern von der rhombischen Combination {101}, {011} gebildet werden, bedarf die eben erwähnte Angabe jedenfalls noch einer Revision. **Kobaltoborowolframat-Oktokaidekahydrat** = $W_9B_2O_{32}Co_2.18H_2O$ bildet nach Klein (l. c. 56) monokline Combinationen {010}, {110}, {011} mit $\beta$ nahe 90°, zuweilen gypsähnliche Zwillinge; (110):(1$\bar{1}$0) = 60°0′, (011):(0$\bar{1}$1) = 45°20′; das in nicht meßbaren Prismen erhaltene Nickelsalz derselben Formel scheint damit in jedem Verhältnisse isomorphe Mischungen zu bilden. **Cadmiumborowolframat-Oktokaidekahydrat** = $W_9B_2O_{32}Cd_2.18H_2O$ ist in einer so geringen Menge Wasser löslich, daß daraus eine zur Trennung von Mineralien verwendbare Lösung vom specifischen Gewichte 3,3, die sogenannte »Kleinsche Lösung«, hergestellt werden kann; Klein (l. c. 59) beschreibt die Krystalle als pseudotetragonal rhombisch, gibt aber an, auch trikline Prismen (»wahrscheinlich isomorph mit dem Calciumsalze«?) erhalten zu haben, von denen er es indessen zweifelhaft läßt, ob sie nicht 1 Mol. $H_2O$ mehr enthalten; dagegen erhielt Linck aus der Kleinschen Lösung zweierlei Krystalle, monokline und trikline, denen er die gleiche Zusammen-

setzung zuschreibt, und welche von einander und von den Kleinschen Krystallen ihrer Form nach völlig verschieden sind. Es ist weiteren Untersuchungen vorbehalten, die hier herrschenden Verhältnisse aufzuklären. Approximative Messungen teilt Klein ferner noch von zwei anderen Salzen mit: **Cupriborowolframát-Enneakaidekahydrat** = $W_9B_2O_{32}Cu_2.19H_2O$, wahrscheinlich triklin, Combination {110}, {1$\bar{1}$0}, {001}, {$\bar{1}$11} und eine andere, nicht bestimmbare Endfläche: (110):($\bar{1}$10) = 79° ca., (1$\bar{1}$0):(001) = 47°15′, ($\bar{1}$11):(001) = 87°50 (l. c. 54). **Magnesiumborowolframat-Diskaiïkosihydrat** = $W_9B_2O_{32}Mg_2.22H_2O$, monokline, durch Vicinalflächen gestreifte Prismen {110}, am Ende {011}, oder tafelförmige Combinationen von {010} mit {110} und {011}; (110):(1$\bar{1}$0) = 30°, (011):(0$\bar{1}$1) = 60°, (011):(110) = 83°19′ (l. c. 48). Endlich erwähnt er noch (l. c. 61) ein Bleisalz von der Zusammensetzung $W_9B_2O_{32}Pb_2.12H_2O$, welches monokline Tafeln mit einem Winkel von 87°—88° und mit vollkommener Spaltbarkeit nach {010} bildet.

Außer den Salzen der Borowolframsäure mit dem Verhältnisse $W:B$ = 9:2 beschrieb Klein[1]) auch solche mit den Verhältnissen 12 $WO_3$ und 14 $WO_3$ : 1 $B_2O_3$, teilt aber nur über wenige derselben krystallographische Beobachtungen mit. **Natriumborowolframat-Enneakaiïkosihydrat** = $W_{14}B_2O_{47}Na_4.29H_2O$ krystallisiert nach ihm (l. c. 9) in hexagonalen Prismen {10$\bar{1}$0} mit einer Bipyramide {10$\bar{1}$1}; {10$\bar{1}$1):(01$\bar{1}$1) = 42°23′, (10$\bar{1}$1):(10$\bar{1}$0) = 43°15′. Das Kaliumsalz $W_{14}B_2O_{48}K_6.22H_2O$ bildet ebenfalls hexagonale Prismen mit einer flachen Bipyramide und ein Doppelsalz, für welches die Formel $W_{28}B_4O_{100}Ba_7Na_6.58H_2O$ angegeben wird, reguläre Oktaëder.

### Dinatriumborowolframat-Triskaiïkosihydrat = $W_9B_2O_{32}Na_2H_2.22H_2O$.

Tetragonal pseudokubisch.

Klein[1]) (l. c. 29) erhielt beim Abkühlen warmer Lösung kleine, bei langsamer Verdunstung größere optisch einaxige Krystalle, gebildet von der oktaëderähnlichen Bipyramide $o${111} mit untergeordnetem $c${001}, selten auch $a${100}; seine Messungen ergaben:

$o:o$ = (111):(1$\bar{1}$1) = 70°17′, $o:a$ = (111):(100) = 54°10′, daraus folgt 71°40′ f. $o:o$
$o:o_{,}$ = (111):(11$\bar{1}$) = 70 13 , $o:c$ = (111):(001) = 53 39 , » » 72 42 » $o:o_{,}$

Die Angaben differieren hiernach so stark, daß die Berechnung eines Axenverhältnisses nicht angezeigt ist.

### Natriumborowolframat-Hendekahydrat = $W_9B_2O_{32}Na_4.11H_2O$.

Monoklin prismatisch.

Die an der Luft rasch matt werdenden Krystalle zeigen nach Klein[1]) (l. c. 31) die Formen $m${110} und $q${011}, oft auch $b${010}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m$ = (110):(1$\bar{1}$0) = | — | 50° |
| $q:q$ = (011):(0$\bar{1}$1) = | — | 59⅔ |
| $q:m$ = (011):(110) = | — | 70 |
| $\beta$ = (100):(001) = | 79°14′ | 81 (d. Best. d. Kantenw.) |

### Calciumborowolframat-Pentakaidekahydrat = $W_9B_2O_{32}Ca_2.15H_2O$.

Trikline Combinationen von $c\{001\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$ (Klein l. c. 45).

$m : a = (110) : (100) = 69^\circ\ 1'$ beob.
$\mu : a = (1\bar{1}0) : (100) = 51\ 49$ »
$m : c = (110) : (001) = 46\ 20$ »
$\mu : c = (1\bar{1}0) : (001) = 60\ 38$ »

### Baryumborowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_9B_2O_{32}Ba_2.18H_2O$.

Tetragonal. $a : c = 1 : 1{,}0663$ Klein[1]) (l. c. 41).

Große, leicht verwitternde Krystalle, vorherrschend die oktaëderähnliche Bipyramide $o\{111\}$, untergeordnet $c\{001\}$ und $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | $72^\circ\ 13'$ | $72^\circ\ 21'$ |
| $o : o_, = (111) : (11\bar{1}) =$ | — | *67 5 |

Auf das gleiche Salz beziehen sich jedenfalls die nur mit dem Anlagegoniometer vorgenommenen Messungen, welche Gisevius[2]) angibt; er fand $o : o = 72^\circ\ 11'$ und $o : o_, = 67^\circ\ 0'$.

### Cadmiumborowolframat-Oktokaidekahydrat = $W_9B_2O_{32}Cd_2.18H_2O$.

Zuerst dargestellt von Klein[3]). Später[1]) (l. c. 59) beschrieb er die Krystalle als rhombische Combinationen von $c\{001\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$.

$r : c = (101) : (001) = 59^\circ$ ca.
$q : c = (011) : (001) = 59$ »
$r : q = (101) : (011) = 72$ »

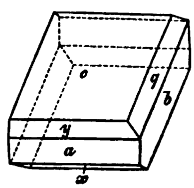
Linck[4]) erhielt aus der sog. Kleinschen Lösung zweierlei Krystalle neben einander, zuerst in größerer Menge heller gefärbte und dann mehr dunkler gefärbte. Die beiden Arten sind chemisch nicht zu unterscheiden (Linck gibt für sie die Formel $9WO_3.B_2O_3.2Cd.6H_2O + 12H_2O$ an), dagegen sind sie krystallographisch vollkommen verschieden.

a. Heller gefärbte Krystalle.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1{,}3321 : 1 : 1{,}1383$; $\beta = 122^\circ\ 13'$ Linck[4]).

Fig. 830.




Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $x\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $y\{601\}$ (Fig. 830). Die Krystalle sind bis zu 1 qcm groß und ca. 3—4 mm dick, vorwiegend nach $c\{001\}$ tafelförmig ausgebildet; die übrigen Flächen sind unter sich gleich groß, aber immer kleiner als $c$, auch sind die Flächen mit Ausnahme von $c$ meist drusig und uneben; $q\{011\}$ trat an den untersuchten Krystallen stets nur mit einem Flächenpaare auf (s. Fig. 830).

---

2) Gisevius, Beitr. z. Meth. d. Best. d. spec. Gew. Dissert. Bonn 1883. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 8, 420.

3) D. Klein, Compt. rend. 1881, 93, 492. Bull. soc. chim. Paris 1881, (2) 36, 205. Bull. soc. fr. min. 1881, 4, 155. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 6, 306.

4) Linck, Zeitschr. f. Krystall. 1886, 12, 422.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:c = (100):(001) =$ | — | *57° 47′ |
| $a:c = (011):(001) =$ | — | *48 42 |
| $x':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *53 1 |
| $y:x = (601):(10\bar{1}) =$ | 59° 24′ | 58 44 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 69 24 | 68 16 |
| $y:q = (601):(011) =$ | 75 23 | 74 32 |

Spaltbarkeit nach $q$ unvollkommen.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$ und ungefähr senkrecht zur $c$-Axe.

### b. Dunkler gefärbte Krystalle.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}6261:1:0{,}4308 \text{ Linck}[4]).$$

$$\alpha = 114°56', \quad \beta = 92°42', \quad \gamma = 94°57'.$$

Fig. 831.

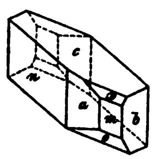
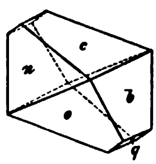


Fig. 832.



Es wurden zweierlei Ausbildungsweisen beobachtet, deren häufigste die Combination folgender Formen ist: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $n\{5\bar{4}0\}$, $m\{110\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $x\{19.19.20\}$ (Fig. 831). Der weniger häufige Typus zeigt nur die Formen: $c\{001\}$, $n\{5\bar{4}0\}$, $b\{010\}$ und $o\{11\bar{1}\}$ ungefähr gleich groß (Fig. 832), untergeordnet $q\{05\bar{2}\}$. Das Salz verwittert außerordentlich leicht, ist daher nur angenähert meßbar.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $b:c =$ | $(010):(001) =$ | — | *65° 12′ |
| $a:c =$ | $(100):(001) =$ | — | *89 16 |
| $a:b =$ | $(100):(010) =$ | — | *94 3 |
| $o:b =$ | $(11\bar{1}):(010) =$ | — | *85 9 |
| $o:c' =$ | $(11\bar{1}):(00\bar{1}) =$ | — | *45 54 |
| $x:c =$ | $(19.19.20):(001) =$ | 31° 2′ | 31 4 |
| $q:b =$ | $(05\bar{2}):(010) =$ | 53 18 | 52 8 |
| $m:b =$ | $(110):(010) =$ | 51 7 | 49 58 |
| $x:m =$ | $(19.19.20):(110) =$ | 41 37 | 40 52 |
| $n:b' =$ | $(5\bar{4}0):(0\bar{1}0) =$ | 46 54 | 46 25 |
| $n':c =$ | $(\bar{5}40):(001) =$ | 75 7 | 75 4 |
| $o:m =$ | $(11\bar{1}):(110) =$ | 61 27 | 62 23 |
| $n:a =$ | $(5\bar{4}0):(100) =$ | 39 3 | 39 3 |
| $o:n =$ | $(11\bar{1}):(5\bar{4}0) =$ | 70 2 | 70 0 |

Doppelbrechung positiv; die Interferenzbilder beider optischer Axen sind sowohl durch $a\{100\}$ wie durch $x\{19.19.20\}$ sichtbar; die Axenebene entspricht einer Ebene $(hk\bar{l})$, deren Durchschnittsrichtung mit $\{100\}$ ca. 45° mit der Kante $(5\bar{4}0):(100)$ einschließt; der Axenwinkel, mit einer Platte parallel $x\{19.19.20\}$ bestimmt, beträgt in Öl für Natriumlicht 114°35′. Deutlicher Pleochroismus (hellgelb—dunkelbraungelb).

## Aluminate, Chromite, Ferrite usw. und deren Verbindungen mit Halogeniden und Boraten.

Über Aluminate einwertiger Metalle liegen keine krystallographischen Untersuchungen vor, und auch über die analogen Eisenoxydverbindungen existieren nur einige mikroskopische Beobachtungen; nach Bemmelen und Klobbie[1]) entsteht **Natriumferrit** = $Fe_2O_4Na_2$ durch Erhitzen von $Fe_2O_3$ mit $NaOH$ in hexagonalen Tafeln mit negativer Doppelbrechung, welche durch Behandlung mit Wasser, ohne Änderung ihrer Form und optischen Eigenschaften, in das Hydroxyd $Fe_2O_4H_2$ übergehen; dieses unterscheidet sich von dem gleich zusammengesetzten Göthit (s. **1**, 115) dadurch, daß es bereits über 60° anfängt, Wasser abzugeben, während Göthit erst über 280° zersetzt wird. Durch Erhitzen von Eisenoxyd und Kalilauge entstehen nach Bemmelen und Klobbie doppeltbrechende rectanguläre Täfelchen von **Kaliumferrit** = $Fe_2O_4K_2$, welche sich bei höherer Temperatur in eine kubische Modification umwandeln.

Ein **Calciumaluminat** von der Zusammensetzung $(AlO_3)_2Ca_3$ findet sich nach Le Châtelier[2]) in einfach brechenden Krystallen in Portlandcement. **Berylliumaluminat** (nat. Chrysoberyll) = $(AlO_2)_2Be$ krystallisiert rhombisch; in einem Präparate von Ebelmen, welches durch Zusammenschmelzen von $Cr_2O_3$ und $BeO$ mit $B_2O_3$ und $CO_3Ca$ erhalten worden war, fand Mallard[3]) mikroskopische pseudohexagonale Drillinge von der Form derjenigen des Chrysoberylls, welche sonach zweifellos das isomorphe **Berylliumchromit** = $(CrO_2)Be$ darstellen. Von den Salzen anderer zweiwertiger Metalle, welche sich von den der Metaborsäure analogen Säuren $AlO.OH$, $CrO.OH$, $FeO.OH$ usw. ableiten, bilden die Aluminate des Calciums und Baryums, sowie auch $(CrO_2)_2Ca$ und $(FeO_2)_2Ca$, doppeltbrechende Krystalle, deren Form nicht bestimmt worden ist. Alle übrigen krystallisieren kubisch mit oktaëdrischer Krystallstructur und bilden eine wichtige isomorphe Gruppe, welche nach dem Spinell, **Magnesiumaluminat** = $(AlO_2)_2Mg$, die Spinellgruppe genannt zu werden pflegt. Ihr gehören noch folgende Thonerdeverbindungen an: **Mangano-**, **Ferro-**, **Kobalto-** und **Zinkaluminat** (Zinkspinell) = $(AlO_2)_2Mn$, $(AlO_2)_2Fe$, $(AlO_2)_2Co$ und $(AlO_2)_2Zn$; diese wurden sämtlich von Ebelmen[4]) dargestellt durch Schmelzen der Bestandteile mit Borsäure; die Ferroverbindung wurde von ihm in oktaëdrischen Lamellen erhalten, von Gorgeu[5]) in farblosen Oktaëdern durch Schmelzen von Thon mit Ferrochlorid; in der Natur bildet sie den Haupt-

1) Van Bemmelen u. Klobbie, Journ. f. prakt. Chemie 1892, (2) **46**, 497. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **24**, 425.

2) Le Châtelier, Compt. rend. 1882, **94**, 867. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 407.

3) Mallard, Compt. rend. 1887, **105**, 1260. Annales d. mines 1887, (8) **12**, 427. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 605; **15**, 650.

4) Ebelmen, Ann. chim. phys. 1848, (3) **22**, 213; 1851, (3) **33**, 37. Ebelmen, Chimie, Céramique etc. Paris 1861, **1**, 127, 160.

5) Gorgeu, Ann. chim. phys. 1885, (6) **4**, 544.

bestandteil des Hercynits, in welchem ein Teil des Eisens durch Magnesium ersetzt ist, und ähnliche isomorphe Mischungen sind auch als eisenhaltige Spinelle aus Schmelzflüssen erhalten worden (Morezewicz s. Spinell); die Kobaltverbindung bildet nach Ebelmen einfache Oktaëder. Nach derselben Methode, wie Spinell, stellte Ebelmen in Oktaëdern auch die isomorphen Chromoxydverbindungen dar: **Magnesiumchromit** = $(CrO_2)_2Mg$, spec. Gew. 4,415 (l. c. 233 bzw. 148), **Manganochromit** = $(CrO_2)_2Mn$, spec. Gew. 4,87 (l. c. 44 bzw. 169), **Ferrochromit** = $(CrO_2)_2Fe$ (diese Krystalle enthielten, wie die natürlichen des Chromits oder Chromeisenerzes, dreiwertiges Eisen an Stelle eines Teiles des Chroms) und **Zinkchromit** = $(CrO_2)_2Zn$, spec. Gew. 5,31 (l. c. 45 bzw. 170). Die letztgenannte Verbindung erhielt Viard[6]) durch Erhitzen von $CrO_4K_2$ in Dämpfen von $ZnCl_2$ in mikroskopischen Oktaëdern vom spec. Gew. 5,29 und ebenso das **Cadmiumchromit** = $(CrO_2)_2Cd$, spec. Gew. 5,79. Die Magnesiumverbindung findet sich in isomorpher Mischung in dem Minerale Magnochromit, einem Chromeisenerze der Zusammensetzung $[(Cr, Al)O_2]_2(Mg, Fe)$; in den chromreichsten natürlichen Chromiten tritt auch zweiwertiges Chrom an die Stelle von Eisen. Der Spinellgruppe gehören ferner die folgenden Eisenoxydverbindungen an: **Magnesiumferrit** = $(FeO_2)_2Mg$, welches Deville[7]) durch Erhitzen von $Fe_2O_3$ und $MgO$ in Chlorwasserstoffgas in Oktaëdern mit untergeordnetem {110} und Hundeshagen[8]) einmal zufällig durch Einwirkung einer $MgCl_2$-Lösung auf metallisches Eisen unter Druck in Oktaëdern erhielt. **Manganoferrit** = $(FeO_2)_2Mn$ ist der Hauptbestandteil des Minerales Jakobsit, in welchen ein Teil des Eisens durch dreiwertiges Mangan vertreten wird. **Ferroferrit** = $(FeO_2)_2Fe$ ist als Magnetit Bestandteil vieler Gesteine und kommt als Magneteisenerz in mächtigen Lagern vor; es enthält zuweilen dreiwertiges Titan (Titanomagnetit = $[(Fe, Ti)O_2]_2Fe$). Das **Zinkferrit** = $(FeO_2)_2Zn$ wurde auf verschiedene Weise dargestellt; es bildet in isomorpher Mischung mit dem Ferro- und Manganoferrit das Mineral Franklinit. Endlich soll auch das Kobaltoxydoxydul, $Co_3O_4$, in mikroskopischen Oktaëdern krystallisieren und ist daher vielleicht ebenfalls mit dem Spinell isomorph.

Wasserhaltige, hierher gehörige Salze sind nur wenige krystallographisch untersucht worden, und zwar basische. Die beiden hexagonalen Mineralien Hydrotalkit und Pyroaurit können von $Al(OH)_3$ bzw. $Fe(OH)_3$ abgeleitet werden und erhalten dann die Formeln $Al(OMgOH)_3.6H_2O$ bzw. $Fe(OMgOH)_3.6H_2O$; nur vom zweiten konnte das Axenverhältnis ($a : c$ = 1 : 3,6072) bestimmt werden. Als basische Salze der Spinellsäure sind wohl zu betrachten das triklin krystallisierende **Baryumaluminat-Dihydrat** = $AlO_2BaOH.2H_2O$ und das rhombische **Calciumaluminat-Monohydrat** = $(AlO_2)_3Ca_2(OH).H_2O$.

6) Viard, Compt. rend. 1889, **109**, 142. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 524.
7) St.-Claire Deville, Compt. rend. 1861, **53**, 199.
8) Hundeshagen, Chemiker-Zeitung 1906, 4.

Durch Eintragen von $Fe_2O_3$ und $CaO$ in geschmolzenes $CaCl_2$ erhielt Le Châtelier[9]) **Calciumchloroferrit** $= FeO_2(CaCl)$ in (triklinen?) Prismen {100}, {110}, {1$\bar{1}$0} mit zwei symmetrischen Endflächen, deren Winkel = 41°, während (110) : (100) = 50°40′, (1$\bar{1}$0) : (100) = 70°50′, spaltbar nach {100}. Gorgeu[10]) stellte durch Schmelzen von $Al_2O_3$ mit $CaCl_2$ ein **Calciumchloroaluminat** von der Zusammensetzung $Al_{12}O_{28}Cl_2Ca_{11}$ dar, welches einfach brechende tetraëdrische Krystalle bildet. Wegen seiner leichten Umwandlung in eine trigonale Modification ist von Interesse das monokline **Calciumchloroaluminat-Pentahydrat** $= AlO_3Ca(CaCl).5H_2O$. Das trigonal krystallisierende Mineral Koenenit hat die Zusammensetzung $(AlO_3)_2Mg_3.2MgCl_2.6$(oder 8?)$H_2O$. Endlich erhielt Beckmann[11]) beim Erkalten einer Lösung des S. 750 erwähnten Baryumaluminates und von Baryumchlorid mikroskopische Krystalle des Salzes $(AlO_2)Ba.3BaCl_2.6H_2O$, nach Fock rhombische Tafeln nach {100}, begrenzt von {110} und {011}; (011) : (0$\bar{1}$1) = 75°; die entsprechende Bromverbindung (l. c. 491) bildet ähnliche, aber größere Krystalle und oft Zwillinge und Drillinge.

Das seltene Mineral Pinakiolith kann betrachtet werden als ein basisches Salz der beiden analogen Säuren $MnO.OH$ und $BO.OH$ und würde alsdann die Formel $MnO_2.BO_2.Mg_2O$ erhalten, in welcher aber ca. $\frac{1}{4}$ des Magnesiums durch zweiwertiges Mangan vertreten ist; es bildet rhombische Kryställchen mit dem Axenverhältnisse $a:b:c = 0{,}8339:1:0{,}5881$. Die entsprechende Ferriverbindung $FeO_2.BO_2.Mg_2O$ ist der ebenfalls rhombische Ludwigit, von welchem nur die Winkel einer Prismenzone bekannt sind: (110) : (1$\bar{1}$0) = 89°20′; nach Mallard[3]), welcher sie bestimmte, ist dieses Mineral wahrscheinlich identisch mit einer von Ebelmen[4]) durch Zusammenschmelzen von $Fe_2O_3$, $MgO$ und $B_2O_3$ dargestellten Substanz, welche rhombische Prismen von 89°10′, mit {100} und {120}, bildet, und für die Ebelmen die Formel $Fe_6B_4O_{21}Mg_6$ annimmt; ihr spec. Gew. ist 3,85, das des Ludwigits 3,9—4,1. Jedenfalls bedürfen alle diese Körper noch weiterer Untersuchung.

### Berylliumaluminat (nat. Chrysoberyll) $= (AlO_2)_2Be$.

Spec. Gew. 3,759 Ebelmen[4]), 3,60—3,86 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal (pseudohexagonal).

$a:b:c = 0{,}4707:1:0{,}5823$ Melczer (nat. Kryst.).

Ebelmen (l. c. 221, 41 bzw. 135, 166) stellte Krystalle dar durch Schmelzen von $BeO$ und $Al_2O_3$ mit Borsäure, größer ausgebildete bei einem Zusatze von $CO_3Ca$; dieselben zeigten die Formen: $a${100}, $b${010}, $i${011}, $m${110}, $o${111} und bildeten Zwillinge, wie die natürlichen Krystalle. Herzförmige Zwillinge erhielten auch Deville und Caron[12]) durch Zersetzen der Dämpfe von $AlF_3$

---

9) Le Châtelier, Compt. rend. 1884, **99**, 276. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 195.
10) Gorgeu, Bull. soc. chim. Par. 1887, **48**, 51. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 606.
11) Beckmann (Krystallbest. v. Fock), Journ. f. prakt. Chemie 1882, **26**, 478.
12) St.-Claire Deville u. Caron, Compt. rend. 1858, **46**, 766.

und $BeF_2$ mit $B_2O_3$ bei Weißglut. Über die Form der Präparate von Hautefeuille und Perrey[13]) existieren keine näheren Angaben.

Die natürlichen Krystalle zeigen die genannten Formen, von denen $o\{111\}$ häufig groß entwickelt ist, ferner $s\{120\}$, $n\{121\}$ u. a.; sie sind oft Zwillinge oder Drillinge nach $i\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | $25^\circ 11\frac{1}{2}'$ | $25^\circ 5'$ |
| $i:i = (011):(0\bar{1}1) =$ | 60 38 | 60 0 |

Spaltbarkeit nach $i\{011\}$ deutlich, $b\{010\}$ und $a\{100\}$ unvollkommen (die letztere gibt Ebelmen als deutlich an).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$, $2E = 85^\circ$ ca. Brechungsindices und Axenwinkel nach Melczer:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ |
|---|---|---|---|---|
| für $Li$: | 1,7406 | 1,7431 | 1,7487 | $67^\circ 29'$ |
| » $Na$: | 1,7443 | 1,7470 | 1,7530 | 67 52 |
| » $Tl$: | 1,7474 | 1,7503 | 1,7566 | 68 26 |

Des Cloizeaux fand für $Na$: $\alpha = 1,7470$, $\beta = 1,7484$, $\gamma = 1,7565$.

### Magnesiumaluminat (nat. Spinell) = $(AlO_2)_2Mg$.

Spec. Gew. 3,548 Ebelmen[4]), 3,57 Dufeau[14]).

Hexakisoktaëdrisch.

Dufeau erhielt kleine Oktaëder durch Zusammenschmelzen der Bestandteile im elektrischen Ofen, Ebelmen[4]) durch Erhitzen von $Al_2O_3$ und $MgO$ mit Borsäure meßbare Oktaëder mit $\{110\}$. Dieselbe Combination entsteht nach Daubrée[15]) durch Einwirkung der Dämpfe von $AlCl_3$ auf $MgO$ oder von $MgCl_2$ und $AlCl_3$ auf $CaO$. Spinell bildet sich leicht in Silicatschmelzen, z. B. Hohofenschlacken, von niedrigem Gehalte an $SiO_2$ und relativ hohem an $Al_2O_3$ und $MgO$; Morozewicz[16]), welcher die Bedingungen dieser Bildung in künstlichen Schmelzflüssen näher studierte, beobachtete an eisenhaltigen Krystallen neben $\{111\}$ auch $\{110\}$ und häufig Zwillinge nach $\{111\}$.

Die natürlichen Krystalle, besonders die eisenhaltigen (Pleonast, Ceylanit, Chlorospinell) zeigen außer $\{111\}$ und $\{110\}$ nicht selten auch $\{311\}$. Häufig Zwillingsbildung nach $\{111\}$.

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Brechungsindex natürlicher Krystalle:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Roter Spinell: $n =$ | 1,7121 ($Li$), | 1,7155 ($Na$), | 1,726 (blau) | n. Des Cloizeaux; |
| | — | 1,7167 | — | » Zimányi; |
| Blauer Spinell: | — | 1,7185—1,7200 ($Na$) | | n. Melczer. |

### Manganoaluminat = $(AlO_2)_2Mn$.

Spec. Gew. 4,12 Dufeau[17]).

Hexakisoktaëdrisch.

Durch Zusammenschmelzen der Bestandteile im elektrischen Ofen erhielt Dufeau hellgelbe Oktaëder mit Abstumpfungen der Ecken und Kanten; die

13) Hautefeuille u. Perrey, Compt. rend. 1888, **106**, 487. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 322. Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 147. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 306.

14) Dufeau, Journ. Pharm. Chim. 1901, (6) **14**, 25.

15) Daubrée, Compt. rend. 1854, **39**, 137.

16) Morozewicz, Tschermaks min. u. petrogr. Mitt. Wien 1898—1899, **18**, 1 f. u. 105 f. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **33**, 495.

17) Dufeau, Compt. rend. 1902, **135**, 963.

Borsäureschmelzen Ebelmens[4]) lieferten dreiseitige Tafeln durch Vorherrschen eines oktaëdrischen Flächenpaares. In manganreichen Hohofenschlacken beobachtete Krenner[18]) kleine Oktaëder, selten mit {110} und mit Zwillingsbildung nach {111}, in welchen ca. $\frac{1}{8}$ des *Al* durch dreiwertiges Mangan und ca. $\frac{1}{8}$ des *Mn* durch *Mg* ersetzt war. Der natürliche Dysluit ist ein Manganspinell, in welchem das Aluminium zum Teil durch dreiwertiges Eisen, das zweiwertige Mangan großenteils durch Zink vertreten wird.

### Zinkaluminat = $(AlO_2)_2Zn$.

Spec. Gew. 4,58 Ebelmen[4]).

Hexakisoktaëdrisch.

Durch Zusammenschmelzen von $Al_2O_3$ und $ZnO$ (ein Überschuß von letzterem begünstigt die Krystallisation) mit $B_2O_3$ erhält man nach Ebelmen (l. c. 37 bzw. 162) Oktaëder, zuweilen mit {110}. Schulze und Stelzner[19]) beobachteten die Substanz als Umwandlungsprodukt der aus Thon und Chamotte bestehenden Muffeln, welche zur Zinkdestillation dienen und in denen sich scharfkantige Oktaëder bilden, selten Zwillinge und sehr selten mit {100}. Die zuweilen in Schlacken entstehenden Krystalle enthalten meist viel Eisen für Aluminium oder für Zink. Daubrée[20]) stellte das Zinkaluminat durch Einwirkung von $ZnCl_2$ und $AlCl_3$ auf $CaO$ dar, Deville und Caron[12]) durch Zersetzung der Dämpfe von $ZnF_2$ und $AlF_3$ mit Borsäure.

Die natürlichen Krystalle von Zinkspinell (Gahnit, Automolit) sind meist isomorphe Mischungen, in denen ein Teil des Aluminiums durch dreiwertiges Eisen oder des Zinks durch zweiwertiges Eisen ersetzt ist; der manganhaltige Dysluit wurde oben bereits erwähnt.

### Ferroferrit (nat. Magnetit) = $(FeO_2)_2Fe$.

Spec. Gew. 5,21—5,25 Gorgeu[21]) (die älteren Bestimmungen schwanken von 4,9—5,4).

Hexakisoktaëdrisch.

Oktaëder bilden sich bei der Oxydation metallischen Eisens in hoher Temperatur, so sind z. B. solche an Eisenteilen von Schmelzöfen öfters beobachtet worden, ferner beim Rösten von Siderit und anderen Eisenerzen. Nach Gorgeu[21]) verwandelt sich metallisches Eisen in schmelzendem Alkalisulfat nach und nach ganz in $Fe_3O_4$; nimmt man Eisensulfid und Alkalisulfid, so erhält man 1 mm große {111} mit schmalem {110}. Dieselbe Combination in zuweilen weit größeren Krystallen entsteht häufig beim Rösten von Kupfersteinen u. a. eisenreichen Gemengen von Schwefelmetallen. Aggregate kleinerer Oktaëder finden sich oft in großer Menge in den Schlacken von der Zusammensetzung $SiO_4Fe_2$ (S. 250) eingeschlossen und entstehen in den Silicatschmelzen eisenreicher Gesteine.

Die natürlichen Krystalle des Magneteisenerzes zeigen außer den häufigsten Formen, {111} und {110}, zuweilen auch {311}, {531}, {221}, {321} u. a. Formen.

Den Ferromagnetismus der natürlichen Krystalle untersuchte ausführlich P. Weiß.

---

18) Krenner, Zeitschr. f. Krystall. 1903, **48**, 473.

19) Schulze u. Stelzner, N. Jahrb. f. Min. usw. 1881, **1**, 120. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **7**, 602.

20) Daubrée, Compt. rend. 1854, **39**, 137.

21) Gorgeu, Compt. rend. 1887, **104**, 1173. Bull. soc. chim. Par. **47**, 748. Bull. soc. fr. min. **10**, 174. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 629.

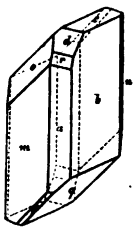
### Zinkferrit = $(FeO_2)_2Zn$.

Spec. Gew. 5,132 Ebelmen[4]), 5,33 Gorgeu[22]).

Durch Schmelzen der Bestandteile in Borsäure erhielt Ebelmen (l. c. 34 bzw. 172) mikroskopische Oktaëder, zuweilen mit {100}, Gorgeu durch Erhitzen der Sulfate von Zink, Eisenoxyd und Natrium Oktaëder mit schmalen Flächen von {110}.

### Baryumaluminat-Dihydrat = $AlO_2BaOH.2H_2O$.

Fig. 833.



Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,8545 : 1 : 0,9888 \text{ Fock[23])}.$$
$$\alpha = 99^\circ 20\tfrac{1}{2}', \quad \beta = 91^\circ 52', \quad \gamma = 109^\circ 26\tfrac{1}{2}'.$$

Dargestellt von Beckmann[24]) durch Lösen von frisch gefälltem Thonerdehydrat in Barytwasser und Eindampfen der Lösung. Nach *b* dicktafelige, leicht verwitternde Krystalle der Combination (Fig. 833): *b*{010}, *m*{1$\bar{1}$0}, *a*{100}, *n*{$\bar{1}$10}, *q*{01$\bar{1}$}, *c*{001}, *o*{1$\bar{2}$1}, *d*{102}, *r*{101}, *ϱ*{10$\bar{1}$}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *a*:*b* = (100):(010) = | — | *69° 57′ |
| *a*:*c* = (100):(001) = | — | *84 40 |
| *b*:*c* = (010):(001) = | — | *79 25 |
| *q*:*b* = (01$\bar{1}$):(010) = | — | *48 40 |
| *m*:*b′* = (1$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$0) = | — | *60 55 |
| *m′*:*c* = ($\bar{1}$10):(001) = | 86° 29′ | 86 15 |
| *q*:*a* = (01$\bar{1}$):(100) = | 78 15 | 79 55 ca. |
| *r*:*a* = (101):(100) = | 39 51 | 39 33 » |
| *d*:*a* = (102):(100) = | 58 12 | 58 53 » |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

### Calciumaluminat-Monohydrat = $(AlO_2)_3Ca_2(OH).H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,5176 : 1 : 0,7463$ Friedel[25]).

Friedel erhielt durch Erhitzen von $CaO$ mit einer Lösung von $AlCl_3$ auf 500° neben einem Chloroaluminat das Salz in Form dünner Tafeln nach {010}, begrenzt von {101}, untergeordnet {100}, {121} und zuweilen sehr schmalen Flächen von {212}, {232} und {131}. Zwölf dieser Täfelchen verwachsen derart mit einander, daß die *c*-Axe von je vier Krystallen (deren zwei parallel sind) senkrecht zu einer Würfelfläche und die *a*-Axen parallel deren Diagonalen sind; die zwölf nach außen gekehrten Flächen (100) haben die Stellung der Flächen des Rhombendodekaëders, und die Zonenaxen [101] von je drei Krystallen fallen mit der Normale je einer Oktaëderfläche zusammen. Dadurch haben die Flächen (101) dreier Krystalle nahezu die Stellung dreier einem Oktanten angehöriger Flächen des Ikositetraëders {211}, bilden aber einspringende Winkel mit einander, während die Flächen (121), (232) und (212) solchen der Hexakisoktaëder {321}, {541} und {432} und die Flächen (131) wieder solchen von {211} entsprechen. Diese Beziehung geht aus den folgenden beobachteten Winkeln der Einzelkrystalle hervor:

22) Gorgeu, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 50. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 608.
23) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1883, **7**, 63.
24) Beckmann, Ber. d. d. chem. Ges. 1881, **14**, 2151.
25) G. Friedel, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 121. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 181.

$(101):(10\bar{1}) = {}^*109^\circ 35'$
$(121):(101) = {}^*50\ 39$

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene {001}; 1. Mittellinie Axe *a*, Axenwinkel sehr klein.

### Calciumchloroaluminat-Pentahydrat = $AlO_3Ca(CaCl).5H_2O$.

Spec. Gew. 1,892 Friedel[26]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}5787:1:1{,}3777;\quad \beta = 92^\circ 39\frac{1}{2}'$ Mügge[27]).

Dargestellt von Friedel durch Erhitzen eines Gemenges von gefällter Thonerde, $CaCl_2$, $CaO$ und Wasser auf 400°—500°. Pseudohexagonale Täfelchen nach $c\{001\}$, welche nach Mügge von den Formen $\xi\{13\bar{1}\}$, $y\{132\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $s\{201\}$ begrenzt sind und meist sehr complicierte Zwillingsbildung zeigen, nämlich Zwillingslamellen nach {110} und dazu senkrecht verlaufende, deren Zwillingsaxen die Kanten {130}:{001} und deren Verwachsungsflächen irrational sind.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *69° 28½′ |
| $s:c = (201):(001) =$ | — | *75 35½ |
| $\xi:\varrho = (13\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | — | *58 24½ |
| $\xi':c = (\bar{1}31):(001) =$ | 79° 25′ | 79 30 |
| $y:c = (132):(001) =$ | 66 6 | 66 14 |
| Zwill. n. $\{110\}: c:\underline{c} = (001):(\underline{00\bar{1}}) =$ | 4 34½ | 4 18 ca. (4° 48′ Friedel). |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $c\{001\}$ das Interferenzbild einer Axe sichtbar.

Die Zwillingslamellen beider Arten entstehen äußerst leicht durch Druck oder Erwärmen. Nach Friedel tritt bei 36° eine Umwandlung ein, bei welcher die einspringenden Winkel der Lamellen nach {110} verschwinden, und die Krystalle negativ einaxig, also hexagonal werden; hierbei findet nach Steinmetz[28]) eine kleine Volumenverminderung statt. Die Krystalle verlieren bei 105° 2 Mol. $H_2O$, wobei sie durchsichtig bleiben, und diese werden an der Luft wieder aufgenommen; die anderen 3 Mol. entweichen erst bei Rotglut unter Zersetzung der Substanz; haben die Krystalle durch Erhitzen auf 80°—100° die beiden locker gebundenen Wassermoleküle teilweise oder ganz verloren, so bleibt auch nach dem Abkühlen {001} ebenflächig, und die Krystalle bleiben negativ einaxig mit nur wenig stärkerer Doppelbrechung, als sie bei 36° (also vor dem Wasserverluste) besitzen; beim Liegen an der Luft tritt die Umwandlung in die Drillingskrystallisation wieder ein und schreitet vom Rande der Tafeln aus um so schneller vor, je dünner dieselben sind; bei dickeren ist erst nach einigen Tagen der gesamte Wassergehalt wieder aufgenommen und die ganze Tafel wieder aus Drillingen zusammengesetzt (Friedel). Mügge fand an einem umgewandelten Krystalle die Winkel von $\varrho$ und $y$ zu $c\{001\}$ nahe gleich groß ($64\frac{1}{2}^\circ - 67\frac{1}{2}^\circ$), ebenso die von $s$ und $\xi$ (77°—79°); ein solcher Krystall bildet also die trigonale Combination {111} (*c*), {100} ($\varrho$, $y$), $\{11\bar{1}\}$ ($s$, $\xi$) mit dem Axenverhältnisse $a:c = 1:2{,}0665$ $(= \frac{3}{2}\cdot 1{,}3777)$, aus welchem sich die angeführten Winkel zu 67° 16′ bzw. 78° 10′ ergeben.

26) G. Friedel, Bull. soc. fr. min. 1897, **20**, 122. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 72.
27) Mügge, N. Jahrb. f. Min. usw. 1901, Beil.-B. **14**, 264. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 631.
28) Steinmetz, Zeitschr. f. phys. Chemie 1905, **52**, 466. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **44**, 320.

## Sulfochromite, Sulfoferrite usw.

Die Sulfosalze, in welchen dreiwertiges Chrom bzw. Eisen, besonders letzteres, das säurebildende Element ist, und die also eine den Aluminaten, Chromiten und Ferriten analoge Constitution besitzen, sind in der Natur durch eine Anzahl von Erzen vertreten. Unter diesen wurde dem kubisch krystallisierenden Bornit (Buntkupfererz) teils die Formel $Fe(SCu)_3$, teils die Zusammensetzung $FeS_4Cu_5$ zugeschrieben; kubische Kryställchen, welche Dölter[1]) durch Erhitzen der Oxyde von Kupfer und Eisen in $H_2S$ erhielt, zeigten ebenfalls wechselnde Zusammensetzung; hierher gehören wohl auch manche metallurgische Producte, welche in Oktaëdern krystallisieren und daher als $Cu_2S$ (s. **1**, 144) beschrieben wurden, während sie oft erhebliche Mengen Eisen enthalten. Für ein solches Hüttenproduct, welches Oktaëder, meist mit {100}, und häufig Zwillinge bildete, gibt Brögger[2]) die Zusammensetzung $Fe_5S_9Cu_4$ an. Sulfosalze einwertiger Metalle, welche sich von der Säure $FeS.SH$ ableiten, hat Schneider mehrere dargestellt (außerdem auch die Verbindung $InS_2K$), aber keine davon ist krystallographisch untersucht worden; durch Wechselzersetzung von $FeS_2K$ mit $CuCl$ erhielt er das **Cuprosulfoferrit** $= FeS_2Cu$, welches in der Natur als Chalkopyrit (Kupferkies) tetragonal krystallisiert vorkommt. Das seltene, pseudohexagonal-rhombische Mineral Chalmersit ergab bei der allerdings mit einer sehr kleinen Menge Substanz ausgeführten Analyse die Zusammensetzung $Fe_3S_4Cu$. Diesem stehen jedenfalls sehr nahe die ebenfalls pseudohexagonal-rhombisch krystallisierenden Silberkiese (Sternbergit, Frieseït, Argentopyrit usw.), deren Analysen auf die Formeln $Fe_2S_3Ag$, $Fe_3S_5Ag$ und ähnliche führen und die als chemisch nicht genügend festgestellt zu betrachten sind.

Sulfochromite zweiwertiger Metalle sind mehrfach dargestellt, aber nicht krystallographisch untersucht worden; in der Natur findet sich die Verbindung $(CrS_2)_2Fe$ als Daubréelith (kubisch?). Ebenfalls zweifelhaft ist die Krystallform des Barracanits $(FeS_2)_2Cu$; die entsprechende Kobaltiverbindung, $(CoS_2)_2Cu$, kommt als Carrollit in Oktaëdern vor. Eine dem Magnetit $(FeO_2)_2Fe$ analoge Constitution ist wohl auch dem kubischen Linneït (Kobaltnickelkies) $= [(Ni, Co)S_2]_2(Ni, Co)$ zuzuschreiben. Die entsprechende Selenverbindung des Kobalts $(CoSe_2)_2Co$ erhielt Fonzes-Diacon[3]) durch Erhitzen von $CoCl_2$ im Stickstoffstrome mit $HCl$ und $H_2Se$ in mikroskopischen Oktaëdern vom spec. Gew. 6,54. Den Spinellen ähnlich krystallisiert ferner der Sychnodymit, für welchen die Formel $(Co, Cu, Ni)_4S_5$ gefunden wurde, und der ebenfalls kubische Polydymit $= (Ni, Fe, Co)_4S_5$.

Zu den Sulfoferriten stehen in naher Beziehung die Salze der von Roussin entdeckten Eisenheptanitrososulfosäure, $Fe_4(NO)_7S_3H$; deren

1) Dölter, Zeitschr. f. Krystall. 1886, **11**, 36.
2) Brögger, Zeitschr. f. Krystall. 1879, **3**, 495.
3) Fonzes-Diacon, Compt. rend. 1900, **131**, 704.

Alkalisalze sind nicht gemessen worden, wohl aber solche des alkylierten Ammoniums, nämlich **Tetramethylammoniumnitrososulfoferrit** $= Fe_4(NO)_7S_3N(CH_3)_4$ und **Tetraäthylammoniumnitrososulfoferrit** $= Fe_4(NO)_7S_3N(C_2H_5)_4$; beide krystallisieren triklin mit ähnlichen Formen und sehr ähnlichen Winkeln der Zone [010, 102]; wie die Vergleichung der topischen Parameter lehrt, erfährt durch den Eintritt von $C_2H_5$ an Stelle von $CH_3$ $\chi$ eine kleine, $\psi$ eine starke Vergrößerung, $\omega$ eine bedeutende Verkleinerung.

### Cuprosulfoferrit (Chalkopyrit) $= FeS_2Cu$.

Spec. Gew. 4,196 Dölter[1]).

Tetragonal skalenoëdrisch.

$a : c = 1 : 0,9853$ Haidinger (nat. Kryst.).

Dölter (l. c. 35) erhielt durch Erhitzen von $2CuO + Fe_2O_3$ in Schwefelwasserstoffgas kleine, messinggelbe Krystalle in der Form des Sphenoides, häufig Zwillinge nach {111}. Beim Rösten von Kupferkies erstarrt zuweilen das geschmolzene Mineral in Krystallen; an derartigen metallurgischen Producten wurde mehrfach eine pseudooktaëdrische Form und Zwillingsbildung beobachtet, eine nähere Untersuchung derselben hat aber nicht stattgefunden.

Die natürlichen Krystalle sind entweder Sphenoide {111}, häufig combiniert mit {1$\bar{1}$1} und dann oktaëderähnlich; ferner kommen spitzbipyramidale Formen vor, an denen {201} vorherrscht, endlich auch Skalenoëder. Zwillinge nach {111}, seltener nach {101}.

Spaltbarkeit nach {201} unvollkommen.

### Tetramethylammoniumnitrososulfoferrit $= Fe_4(NO)_7S_3N(CH_3)_4$.

Spec. Gew. 2,056 Zambonini[4]).

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,8648 : 1 : 1,3125$ Zambonini[4]).

($\chi : \psi : \omega = 6,464 : 5,590 : 8,484$ » ).

$\alpha = 87°29\frac{1}{2}'$, $\beta = 106°7'$, $\gamma = 93°44'$.

Dargestellt von Bellucci und Carnevali[4]); die aus Aceton erhaltenen Krystalle zeigen nach Zambonini die Formen: $b${010} (danach meist tafelförmig), $o${122}, $a${100}, $m${110}, $\mu${1$\bar{1}$0}, $r${102}, $\omega${1$\bar{2}$2}, $c${001}, $\pi${1$\bar{2}\bar{2}$}, $x${012}; $r$, $\omega$ und $\mu$ fehlen zuweilen, $x$ ist selten vorhanden.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : b$ | = (100) : (010) = | — | *86° 50′ |
| $a : c$ | = (100) : (001) = | — | *74 0 |
| $b : c$ | = (010) : (001) = | — | *91 32 |
| $m : b$ | = (110) : (010) = | 48° 23′ | 48 12 |
| $\mu : a$ | = (1$\bar{1}$0) : (100) = | 41 2 | 41 1 |
| $r : a$ | = (102) : (100) = | 42 52 | 42 53 |
| $r : m$ | = (102) : (110) = | 56 15 | 56 18 |
| $r : \mu$ | = (102) : (1$\bar{1}$0) = | 55 9 | 55 3 |
| $r : b$ | = (102) : (010) = | 89 23 | 89 27 |
| $k : b$ | = (012) : (010) = | 58 49 | 58 41 |
| $o : c$ | = (122) : (001) = | 51 54 | 51 58 |

4) Bellucci u. Carnevali (krystallogr. Unters. v. Zambonini), Rendic. Accad. d. Lincei Rom 1907, (5) 16, I, 657. Gazz. chim. ital. 1907, 37 (II), 25.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $o:a$ | $=(122):(100)=$ | — | *54° 33′ |
| $o:b$ | $=(122):(010)=$ | — | *47 51 |
| $\omega:b'$ | $=(1\bar{2}2):(0\bar{1}0)=$ | 48° 32′ | 48 24 |
| $\pi:a$ | $=(1\bar{2}\bar{2}):(100)=$ | 75 3 | 75 0 |
| $o:m$ | $=(122):(110)=$ | 31 32 | 31 32 |
| $o:\mu$ | $=(122):(1\bar{1}0)=$ | 89 0 | 88 57 |
| $\pi:\mu$ | $=(1\bar{2}\bar{2}):(1\bar{1}0)=$ | 46 9 | 46 3 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

### Tetraäthylammoniumnitrososulfoferrit = $Fe_4(NO)_7S_3N(C_2H_5)_4$.

Spec. Gew. 1,883 Zambonini[4]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}0221:1:1{,}0247 \text{ Zambonini[4]).}$$
$$(\chi:\psi:\omega = 6{,}997:7{,}151:7{,}170 \quad » \quad .)$$
$$\alpha = 85^\circ 8', \qquad \beta = 97^\circ 8', \qquad \gamma = 99^\circ 17\tfrac{3}{4}'.$$

Die von Bellucci und Carnevali[4]) (l. c. 659) dargestellten und aus Aceton erhaltenen Krystalle zeigen nach Zambonini[4]) die Formen: $o\{122\}$, $\varrho\{10\bar{2}\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $\omega\{1\bar{2}2\}$, $r\{102\}$, $s\{302\}$, $v\{\bar{1}42\}$; die beiden letzteren und auch $m$ fehlen bisweilen. Die Krystalle sind entweder tafelig nach $\varrho\{10\bar{2}\}$ oder prismatisch verlängert nach der Kante $[122:1\bar{1}0]$; am häufigsten sind sie gestreckt nach der Kante $[010:102]$ und werden im letzteren Falle oft mehr oder weniger tafelig nach $o\{122\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $=(100):(010)=$ | 81° 13′ | 80° 57′ |
| $a:m$ | $=(100):(110)=$ | 41 3 | 41 3 |
| $a:\mu$ | $=(100):(1\bar{1}0)=$ | 49 59 | 50 2 |
| $r:a$ | $=(102):(100)=$ | — | *58 6 |
| $r:b$ | $=(102):(010)=$ | — | *89 27 |
| $\varrho:a$ | $=(10\bar{2}):(100)=$ | — | *63 23 |
| $\varrho:b$ | $=(10\bar{2}):(010)=$ | 82 18 | 82 12 |
| $\varrho:m$ | $=(10\bar{2}):(110)=$ | 70 45 | 70 52½ |
| $\varrho:\mu$ | $=(10\bar{2}):(1\bar{1}0)=$ | 79 50 | 79 58 |
| $o:a$ | $=(122):(100)=$ | — | *60 19 |
| $o:b$ | $=(122):(010)=$ | — | *48 20 |
| $\omega:a$ | $=(1\bar{2}2):(100)=$ | 72 43 | 73 0 |
| $\omega:b'$ | $=(1\bar{2}2):(0\bar{1}0)=$ | 48 57 | 48 46½ |
| $o:\mu$ | $=(122):(1\bar{1}0)=$ | 97 56 | 97 56 |
| $o:m$ | $=(122):(110)=$ | 40 6 | 40 11 |
| $\omega:\mu$ | $=(1\bar{2}2):(1\bar{1}0)=$ | 42 41 | 42 39½ |
| $v:b$ | $=(\bar{1}42):(010)=$ | 28 57 | 28 57 |
| $v:o$ | $=(\bar{1}42):(122)=$ | 36 58 | 36 58 |

## Arsenite, Antimonite und deren Verbindungen mit Halogeniden.

Arsenigsaure und antimonigsaure Salze einwertiger Metalle sind krystallographisch noch nicht untersucht worden (von Silberarsenit kennt man zwar mikroskopische Krystalle, doch fehlen nähere Angaben über deren Form).

Zweiwertige Metalle enthalten einige hierher gehörige Mineralien, deren Zusammensetzung jedoch nicht sicher festgestellt ist, nämlich der tetragonal krystallisierende Romeït, ($a:c = 1:1,029$), wahrscheinlich $(SbO_2)_2Ca$, der ebenfalls tetragonale Trippkeït ($a:c = 1:0,916$), ein wasserfreies Cupriarsenit, und andere, nicht in Krystallen vorkommende Substanzen, endlich unter den metallurgischen Producten die sogenannten Kupferglimmer, basische Antimonite von Kupfer und Nickel, deren Krystallformen nicht bekannt sind.

Ein bei dem Deacon-Processe in flächenreichen monoklinen Krystallen entstehender Körper erwies sich als **Ferriarsenit** $= AsO_3Fe$; in geringer Menge wurde ein gleichzeitig gebildetes Hydrat desselben beobachtet, **Ferriarsenit-Pentahydrat** $= AsO_3Fe.5H_2O$; dasselbe bildet kleine, wahrscheinlich rhombische Tafeln (Kantenwinkel 63°—65°), deren kurze Diagonale der Ebene der optischen Axen ($2E = 58°$, $\varrho > v$) entspricht.

Chlorhaltige Verbindungen sind die folgenden seltenen Mineralien: Nadorit $= SbO_2.PbCl$, ein **Bleichloroantimonit**, welches sich von der Säure $SbO.OH$ ableitet, und die beiden basischen Salze Heliophyllit und Ochrolith, deren wahrscheinlichste Formeln sind: $(AsO_3)_2(PbCl)_4Pb_2O$ bzw. $(SbO_3)_2(PbCl)_4Pb_2O$; alle drei Mineralien krystallisieren rhombisch, die beiden letzteren haben die sehr ähnlichen Elemente $a:b:c = 0,967:1:2,205$ bzw. $0,905:1:2,014$ und sind wahrscheinlich isomorph.

### Ferriarsenit $= AsO_3Fe$.

Monoklin.

$a:b:c = 0,9405:1:0,6234$; $\beta = 105°10\frac{1}{2}'$ Arzruni[1]).

Bei der Einwirkung arsenhaltiger Salzsäuredämpfe auf mit Kupfersalzen getränkten Thon behufs der Darstellung von Chlor (Deacon-Proceß) bilden sich nach Arzruni und Schütz[1]) braunrote, kurzprismatische Krystalle der Combination: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\xi\{21\bar{2}\}$, $q\{011\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$; die Formen $m$ und $n$ sind oft nur an einem Ende der $a$-Axe ausgebildet. Zwillinge nach $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 84°20'$ | 85° 2' |
| $n:n' = (120):(\bar{1}20)$ | $= 57\ 42$ | 58 12 |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | $= 62\ \ 4$ | 62 9 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $=\ —$ | *48 28 |
| $o:q = (111):(011)$ | $= 26\ 19$ | 26 $10\frac{1}{2}$ |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11)$ | $=\ —$ | *58 $27\frac{1}{2}$ |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | $=\ —$ | *60 0 |
| $\xi:\omega = (21\bar{2}):(11\bar{1})$ | $= 13\ 56\frac{1}{2}$ | 13 44 |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01)$ | $= 66\ 19\frac{1}{2}$ | 66 21 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110)$ | $= 73\ 30$ | 73 8 |
| $q:m = (011):(110)$ | $= 59\ 10$ | 59 33 |
| $r:m = (101):(110)$ | $= 59\ 11\frac{1}{2}$ | 59 $24\frac{1}{2}$ |
| $r:n = (101):(120)$ | $= 70\ 30$ | 70 10 |

1) Arzruni u. Schütz, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **23**, 532.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $\varrho : n$ | $= (10\bar{1}) : (120) =$ | 79° 20′ | 79° 1′ |
| $m : \underline{m}$ | $= (110) : (\bar{1}\bar{1}0) =$ | 33 0 | 33 44 |
| $\omega : \underline{\omega}$ | $= (11\bar{1}) : (\bar{1}\bar{1}1) =$ | 120 0 | 120 29 |
| $q : \underline{q}$ | $= (011) : (0\bar{1}\bar{1}) =$ | 85 20 | 85 43 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$ und nahezu parallel der $c$-Axe.

### Bleichloroantimonit (Nadorit) = $SbO_2 . PbCl$.

Spec. Gew. 7,02 (nat. Kryst.).

Rhombisch. $a : b : c = 0,7489 : 1 : 1,0313$ Cesàro (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet Prismen $\{100\}$, $\{010\}$ mit $\{111\}$, oft auch flächenreichere Krystalle.

Spaltbarkeit nach $\{100\}$ vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $b$.

## Sulfarsenite, -antimonite und -bismutite.

Die sulfarsenigsauren bzw. sulfantimonigsauren Salze und die entsprechenden Wismutverbindungen bilden eine große Anzahl meist sehr schön krystallisierender Mineralien, während synthetisch bisher keine einzige der hierher gehörigen Substanzen in meßbaren Krystallen erhalten und daher auch nicht krystallographisch mit dem entsprechenden Minerale identificiert worden ist. Durch Erhitzen von Arsen- oder Antimontrisulfid mit dem Chloride des betreffenden Metalles oder durch directes Zusammenschmelzen der beiden Sulfide stellte Sommerlad[1]) mehrere solcher Verbindungen in krystallinisch erstarrten Massen von ähnlichen Eigenschaften, wie sie die entsprechenden Mineralien besitzen, dar und bestimmte die specifischen Gewichte besonders genau, daher diese Zahlen weiterhin den Beschreibungen der in Frage kommenden Mineralien beigefügt sind.

Das Verhältnis, in welchem die natürlichen Sulfarsenite usw. die Bestandteile $As_2S_3$, $Sb_2S_3$ bzw. $Bi_2S_3$ einerseits und die Schwefelmetalle $Cu_2S$, $Ag_2S$, $Tl_2S$, $PbS$, $FeS$, $ZnS$ andererseits erhalten, ist ein äußerst mannigfaltiges, von 1 : 1 bis 1 : 12. Dem erstgenannten dieser Verhältnisse entspricht die Zusammensetzung der Metasulfarsenite usw., d. h. derjenigen Sulfosalze, welche sich von den Säuren $AsS.SH$, $SbS.SH$ und $BiS.SH$ ableiten. Die Versuche Sommerlads (l. c. 434), das Cuprometasulfarsenit $AsS_2Cu$ darzustellen, führten zu keinem befriedigenden Resultate, dagegen gelang die Darstellung von **Cuprometasulfantimonit** = $SbS_2Cu$, welches in der Natur als Chalkostibit (Wolfsbergit, Guejarit, Kupferantimonglanz) vorkommt; auch das **Cuprometasulfobismutit** = $BiS_2Cu$, nat. Emplektit (Kupferwismutglanz), kann künstlich dargestellt werden; beide Mineralien krystallisieren rhombisch und können als isomorph betrachtet werden. Vom Silber kommen in der Natur die drei Sulfosalze vor, nämlich **Silber-**

1) Sommerlad, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1897, **15**, 173 f. und 1898, **18**, 420 f.

**metasulfarsenit** $= AsS_2Ag$ als Smithit, **Silbermetasulfantimonit** $= SbS_2Ag$ als Miargyrit und **Silbermetasulfobismutit** $= BiS_2Ag$ als Silberwismutglanz, letzterer bisher nicht in ausgebildeten Krystallen beobachtet; Smithit und Miargyrit krystallisieren monoklin, sind aber nicht isomorph, wie schon aus den ganz verschiedenen Cohäsionsverhältnissen derselben hervorgeht. Ebenfalls monoklin, aber von den beiden vorigen Mineralien verschieden, krystallisiert der Lorandit, **Thallometasulfarsenit** $= AsS_2Tl$. **Bleimetasulfarsenit** (Skleroklas, Sartorit) $= (AsS_2)_2Pb$ krystallisiert monoklin, während **Bleimetasulfantimonit** (Zinckenit) $= (SbS_2)_2Pb$ nach älteren Messungen der nicht sehr vollkommenen Krystalle als rhombisch betrachtet wird; es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß auch der Zinckenit monoklin und mit dem Skleroklas isomorph ist, was nach den vorhandenen Daten nicht entschieden werden kann. Doppelsalze des Bleis mit einwertigen Metallen sind der rhombische Andorit, **Silberbleimetasulfantimonit** $= (SbS_2)_3PbAg$, und der ebenfalls rhombisch krystallisierende Hutchinsonit, **Thallosilberbleimetasulfarsenit** $= (AsS_2)_4Pb(Tl, Ag)_2$; in letzterem scheinen Thallium und Silber (ebenso der geringe Gehalt an $Cu$) einander in isomorpher Mischung zu vertreten.

Nach dem Verhältnisse $As_2S_3 : PbS = 4 : 5$ zusammengesetzt ist das monokline Mineral Liveïngit $= As_8S_{17}Pb_5$, über dessen Krystallform bisher nur eine vorläufige Mitteilung vorliegt. Die entsprechende Antimonverbindung ist der Plagionit, **Blei-$\frac{4}{5}$-sulfantimonit** $= Sb_8S_{17}Pb_5$, ebenfalls monoklin krystallisierend.

Dem Verhältnisse 3 : 4 entspricht die Zusammensetzung des monoklinen Baumhauerits, **Blei-$\frac{3}{4}$-sulfarsenit** $= As_6S_{13}Pb_4$.

Als Binnit wurden kubische Krystalle bezeichnet, deren Analysen z. Teil auf die Formel $As_4S_9Cu_6$, z. Teil auf diejenige des Tetraëdrits führten; die ersteren sind wahrscheinlich hexakisoktaëdrisch, die letzteren sicher hexakistetraëdrisch und mit dem Tetraëdrit identisch. Die den ersteren entsprechende Wismutverbindung Klaprothit $= Bi_4S_9Cu_6$ krystallisiert rhombisch, ihre Form ist aber nur unvollständig bekannt ($a : b = 0{,}740 : 1$). Dasselbe Verhältnis 2 : 3 kommt ferner dem rhombisch krystallisierenden Rathit zu; dieser ist **Blei-$\frac{2}{3}$-sulfarsenit** $= As_4S_9Pb_3$.

Das Verhältnis $As_2S_3$ usw: $PbS = 1 : 2$ zeigen folgende Mineralien: Dufrenoysit, d. i. **Blei-$\frac{1}{2}$-sulfarsenit** $= As_2S_5Pb_2$, monoklin; Federerz z. Teil $= Sb_2S_5Pb_2$ (der gewöhnlich dazu gerechnete monokline Heteromorphit hat wahrscheinlich die Zusammensetzung $Sb_8S_{19}Pb_7$, der krystallographisch nur unvollständig bekannte Jamesonit $Sb_4S_9Pb_3$) und der rhombische Cosalith, **Blei-$\frac{1}{2}$-sulfobismutit** $= Bi_2S_5Pb_2$. Eine dem Federerz sehr ähnliche Zusammensetzung hat der monokline Semseyit, **Blei-$\frac{4}{9}$-sulfantimonit** $= Sb_8S_{21}Pb_9$.

Einfacher, nach dem Verhältnisse 2 : 5, ist der rhombische Boulangerit, **Blei-$\frac{2}{5}$-sulfantimonit** $= Sb_4S_{11}Pb_5$, zusammengesetzt. Eine Verbindung derselben Formel, in welcher aber ein Teil des Bleies durch Silber ver-

treten ist, findet sich in der Natur in zwei Formen, rhombisch als **Diaphorit** und monoklin als Freieslebenit; es handelt sich hier jedenfalls um ein Doppelsalz, in welchem wahrscheinlich das Verhältnis $Pb : Ag_2 = 3 : 2$.

Die ortho-sulfarsenigsauren und -sulfantimonigsauren Salze der einwertigen Metalle sind unter den Mineralien durch die isodimorphe Gruppe der sogenannten Rotgiltigerze des Silbers vertreten, welche in einer trigonalen und einer selteneren monoklinen Modification vorkommen; die letztere existiert auch als Cuproverbindung in dem Minerale Stylotyp, dessen Hauptbestandteil das **Cuproorthosulfantimonit** $= SbS_3Cu_3$ ist, in welchem jedoch meist ein Teil des Antimons durch Arsen und des Kupfers durch Silber vertreten ist. Das **Silberorthosulfarsenit** $= AsS_3Ag_3$ bildet den trigonalen Proustit und den monoklinen Xanthokon, das **Silberorthosulfantimonit** $= SbS_3Ag_3$ den trigonalen Pyrargyrit und den monoklinen Pyrostilpnit; die Isomorphie des letzteren mit dem Xanthokon ist zwar nicht zu bezweifeln, doch bedarf die Krystallform des Pyrostilpnits noch weiterer Untersuchung; die vollkommene Isomorphie der beiden trigonalen Rotgiltigerze documentiert sich auch in dem Auftreten isomorpher Mischungen beider. Kupfer und Blei im Verhältnisse 1 : 1 enthalten die beiden isomorphen, pseudotetragonal-rhombisch krystallisierenden Mineralien Seligmannit, **Cuprobleiorthosulfarsenit** $= AsS_3PbCu$, und Bournonit, **Cuprobleiorthosulfantimonit** $= SbS_3PbCu$; derselben Gruppe gehört ferner jedenfalls auch der Aikinit (Nadelerz) $= BiS_3PbCu$ an, von welchem nur das Verhältnis $a : b = 0{,}9719 : 1$ bekannt ist. Die Bleiverbindungen $(AsS_3)_2Pb_3$ und $(SbS_3)_2Pb_3$ liegen wahrscheinlich in den Mineralien Guitermanit und Plumbostibit vor, doch sind diese Mineralien noch nicht in Krystallen gefunden worden.

Einen etwas höheren, als den der Formel eines Orthosulfarsenites entsprechenden Metallgehalt hat der wahrscheinlich trikline Lengenbachit $= As_4S_{13}Pb_6(Ag, Cu)_2$. Als basische Sulfosalze, nach den Formeln $As_2S_7Cu_8$ bzw. $Sb_2S_7Cu_8$ zusammengesetzt, werden ferner die beiden in dem kubischen Tetraëdrit (Fahlerz) meist in isomorpher Mischung vorhandenen Verbindungen betrachtet, doch differieren die meisten Analysen dieser Erze derart, daß sie sich mehr der Zusammensetzung eines Orthosalzes nähern; da die Verhältnisse noch dadurch weiter compliciert werden, daß außer $Ag$ und $Hg$ auch wechselnde Mengen zweiwertiger Metalle, Eisen und Zink, in die Mischung eintreten, so kann von einer sicheren Entscheidung über die Formel der Tetraëdrite noch nicht gesprochen werden. Unzweifelhaft nach dem Verhältnisse $As_2O_3 : PbS = 1 : 4$ zusammengesetzt ist der Jordanit, **Blei-$\frac{1}{4}$-sulfarsenit** $= As_2S_7Pb_4$, welcher monokline, ausgezeichnet pseudohexagonale Krystalle bildet; die analoge Antimonverbindung Meneghinit, **Blei-$\frac{1}{4}$-sulfantimonit** $= Sb_2S_7Pb_4$, zeigt zwar oft eine monokline Ausbildung, in den Winkeln jedoch keine Abweichung von rhombischer Symmetrie; da auch der Habitus der Krystalle ein ganz verschiedener ist, kann eine Isomorphie der beiden Mineralien nicht wohl angenommen werden.

Nach dem Verhältnisse $Sb_2S_3 : MeS = 1 : 5$ zusammengesetzt sind die beiden, rhombisch mit sehr ähnlichen Axenverhältnissen krystallisierten Mineralien Stephanit, **Silber-$\frac{1}{5}$-sulfantimonit** $= Sb_2S_8Ag_{10}$, und Geokronit, **Blei-$\frac{1}{5}$-sulfantimonit** $= Sb_2S_8Pb_5$, nach dem Verhältnisse 1 : 6 der kubische Beegerit, **Blei-$\frac{1}{6}$-sulfobismutit** $= Bi_2S_9Pb_6$. Verbindungen mit dem Verhältnisse 1 : 9 sind der Pearceït, **Silber-$\frac{1}{9}$-sulfarsenit** $= AsS_6Ag_9$ und der Polybasit, **Silber-$\frac{1}{9}$-sulfantimonit** $= SbS_6Ag_9$; beide Mineralien enthalten wechselnde Mengen des Silbers durch Kupfer vertreten; sie krystallisieren monoklin mit ausgezeichneter trigonaler Pseudosymmetrie und sind zweifellos isomorph. Das am meisten basische Sulfosalz endlich ist der kubische Polyargyrit, **Silber-$\frac{1}{12}$-sulfantimonit** $= Sb_2S_{15}Ag_{24}$.

### Cuprometasulfantimonit (Chalkostibit, Wolfsbergit) $= SbS_2Cu$.

Spec. Gew. 4,75—4,96 (nat. Kryst.), 4,885—4,979 Sommerlad[1]).
Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}5312 : 1 : 0{,}6396$ Penfield (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet meist nach der $b$-Axe prismatische Combinationen von {001}, {101}, {203}, {201} u. a. Prismen, am Ende vorherrschend: {011}, {021}, {061}.
Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.

### Cuprometasulfobismutit (Emplectit, Kupferwismutglanz) $= BiS_2Cu$.

Spec. Gew. 6,2—6,4 (nat. Kryst.), 6,10 Schneider[2]).
Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}5430 : 1 : 0{,}6256$ Weisbach (nat. Kryst.).

Schneider[2]) erhielt die Verbindung durch Umsetzung von $BiS_2K$ mit $CuCl$; geschmolzen lieferte sie beim Erstarren eine zinnweiße, strahlige oder blätterige Masse, in deren Hohlräumen dünne gestreifte Prismen vom Aussehen des natürlichen Emplectits beobachtet wurden. Ein ähnliches Product entstand beim Zusammenschmelzen von $Bi_2S_3$ und $Cu_2S$. Die natürlichen Krystalle sind dünne Prismen {001}, {101}, {605} u. a. mit den Endflächen {021} und {061}.
Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.

### Silbermetasulfarsenit (Smithit) $= AsS_2Ag$.

Spec. Gew. 4,88 Smith und Prior (nat. Kryst.), 4,700 Sommerlad[1]).
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 2{,}2206 : 1 : 1{,}9570; \quad \beta = 101^\circ 12'$ Smith (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt die Formen: {100}, {101}, {001}, {10$\bar{1}$}, {211}, {111}, {11$\bar{1}$}, {21$\bar{1}$} u. a.
Spaltbarkeit nach {100} sehr vollkommen.
Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}; 1. Mittellinie bildet 4° (rot) — 6½° (gelb) mit der Normalen zu {100} im stumpfen Winkel $\beta$, $2V = 65$ ca.; durch {100} sind jedoch wegen der hohen Brechbarkeit (mittlerer Brechungsindex 3,27 ca.) keine Axenbilder sichtbar.

---

2) Schneider, Journ. f. prakt. Chemie 1889, (2) **40**, 565. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 176.

## Silbermetasulfantimonit (Miargyrit) = $SbS_2Ag$.

Spec. Gew. 5,2—5,3 (nat. Kryst.), 5,200 Sommerlad[1]), 5,28 Dölter[3]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2{,}9945:1:2{,}9095;\quad \beta = 98^\circ 37\tfrac{1}{2}'$ Lewis (nat. Kryst.).

Dölter[3]) erhielt durch mäßiges Erhitzen von $SbCl_3$ (oder $Sb_2O_3$) und $AgCl$ in Schwefelwasserstoffgas eine krystallinische Masse mit aufgewachsenen kleinen Täfelchen, deren Form nicht zu bestimmen war. Diejenigen des Minerals sind sehr mannigfach ausgebildet und z. Teil recht flächenreich; die häufigsten Formen sind: $\{100\}$, $\{001\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{010\}$, $\{31\bar{3}\}$, $\{311\}$ u. a.
Keine deutliche Spaltbarkeit.

## Silbermetasulfobismutit (Plenargyrit, Matildit, Silberwismutglanz) = $BiS_2Ag$.

Spec. Gew. 6,9—9,6 (?) (nat. Kryst.), 6,96 Schneider[4]).
Schneider erhielt nach derselben Methode, wie bei der Kupferverbindung (s. S. 763) ein blätteriges, krystallinisches Aggregat, Rößler[5]) dagegen durch Lösen von $Ag_2S$ in geschmolzenem Wismut oktaëdrische Krystalle.

## Thallometasulfarsenit (Lorandit) = $AsS_2Tl$.

Spec. Gew. 5,53 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}8534:1:0{,}6650;\quad \beta = 90^\circ 17'$ Krenner (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt die Formen: $\{001\}$, $\{12\bar{1}\}$, $\{100\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{52\bar{1}\}$ u. a.
Spaltbarkeit nach $\{10\bar{1}\}$ sehr vollkommen, nach $\{100\}$ und $\{101\}$ vollkommen; $\{10\bar{1}\}$ Gleitfläche.
Farbe dunkel karmoisinrot mit schwachem Pleochroïsmus.

## Bleimetasulfarsenit (Skleroklas, Sartorit) = $(AsS_2)_2Pb$.

Spec. Gew. 5,0—5,4 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}2755:1:1{,}1949;\quad \beta = 102^\circ 12'$ Trechmann (nat. Kryst.).

An den oft außerordentlich flächenreichen Krystallen dieses Minerals herrschen besonders vor die Formen $\{100\}$, $\{403\}$, $\{101\}$, $\{001\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{20\bar{1}\}$, $\{40\bar{1}\}$, an den Enden der nach der $b$-Axe prismatischen Combinationen $\{110\}$, $\{320\}$, $\{120\}$, $\{12\bar{2}\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{322\}$. Zwillingsbildung nach $\{100\}$.
Spaltbarkeit nach $\{100\}$ deutlich.

## Bleimetasulfantimonit (Zinckenit) = $(SbS_2)_2Pb$.

Spec. Gew. 5,30—5,35 (nat. Kryst.), 5,28—5,35 Sommerlad[2]).

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}5693:1:0{,}1495$ G. Rose (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet pseudohexagonale Prismen $\{110\}$ mit den Endflächen $\{101\}$, stets Durchkreuzungsdrillinge nach $\{130\}$.

---

3) Dölter, Zeitschr. f. Krystall. 1886, **11**, 89.
4) Schneider, Journ. f. prakt. Chemie 1890, (2) **41**, 414. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 176.
5) Rößler, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1895, **9**, 48. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **29**, 299.

### Silberbleimetasulfantimonit (Andorit) = $(SbS_2)_3PbAg$.

Spec. Gew. 5,33—5,38 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6771:1:0,4458$ Brögger (nat. Kryst.).

Gestreifte Prismen {110}, {210}, {120}, {230}, {100}, {010} u. a. mit den Endflächen {031}, {021}, {011}, {101}, {221}, {111} {112} usw.

### Thallosilberbleimetasulfarsenit (Hutchinsonit) = $(AsS_2)_4Pb(Tl, Ag)_2$.

Spec. Gew. 4,6 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 1,6343:1:0,7549$ Smith (nat. Kryst.).

Die Krystalle dieses Minerals, welches neben Silber auch kleine Mengen Kupfer enthält, sind prismatische Combinationen von {140}, {120}, {110}, {100}, {010}, {101}, {201}, {301}, {322}, {111} u. a. Formen.
Spaltbarkeit nach {100} ziemlich vollkommen.
Doppelbrechung negativ, ziemlich stark; Axenebene {100}, 1. Mittellinie Axe $b$; Brechungsindices:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für $C$: | $\alpha = 2,779$ | $\beta = 3,063$ | $\gamma = 3,073$ | $2V = 19°44'$ |
| » $D$: | 3,078 | 3,176 | 3,188 | 37 34 |

$2E$ wurde für Rot = 63° 22′ beobachtet, während für Gelb parallel der Axe Totalreflection stattfindet.
Farbe tiefrot mit schwachem Pleochroïsmus.

### Blei-$\frac{5}{4}$-sulfantimonit (Plagionit) = $Sb_8S_{17}Pb_5$.

Spec. Gew. 5,4—5,6 (nat. Kryst.), 5,50 Sommerlad[1]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1331:1:0,4228$; $\beta = 107°10'$ Luedecke (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt vorherrschend die Formen: {001}, {111}, {221}, {11$\bar{1}$}, {100}.
Spaltbarkeit nach {221} ziemlich vollkommen.

### Blei-$\frac{2}{3}$-sulfarsenit (Baumhauerit) = $As_6S_{13}Pb_4$.

Spec. Gew. 5,405 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1368:1:0,9472$; $\beta = 97°17'$ Solly (nat. Kryst.).

Sehr flächenreiche Krystalle, an denen {100} vorherrscht, mit {201}, {101}, {102}, {210}, {110}, {120}, {010} und zahlreichen anderen untergeordneten Formen.
Spaltbarkeit nach {100} vollkommen.

### Blei-$\frac{3}{4}$-sulfarsenit (Rathit) = $As_4S_9Pb_3$.

Spec. Gew. 5,32—5,42 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,4782:1:0,5112$ Solly (nat. Kryst.).

Prismen: {010}, {380}, {120}, {340}, {320}, {100}, am Ende {011} und zahlreiche andere Formen mit z. Teil sehr complicierten Symbolen. Zwillingsbildung nach {074} und {0.15.1}.
Spaltbarkeit nach {010} vollkommen.

### Blei-½-sulfarsenit (Dufrenoysit) = $As_2S_5Pb_2$.

Spec. Gew. 5,50—5,57 (nat. Kryst.), 5,505 Sommerlad[1]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}6510:1:0{,}6126$; $\beta = 90^\circ 33\frac{1}{2}'$ Solly (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet flächenreiche Combinationen der Formen {010}, {032}, {011}, {012}, {001}, {100}, {110} usw.
Spaltbarkeit nach {010} vollkommen.

### Blei-½-sulfobismutit (Cosalit) = $Bi_2S_5Pb_2$.

Spec. Gew. 6,39—6,75 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9187:1:1{,}4601$ Flink (nat. Kryst.).

Die seltenen Krystalle des Minerals sind prismatisch nach der $b$-Axe und zeigen die Formen {001}, {101}, {104}, {100}, am Ende {011} und untergeordnet mehrere Bipyramiden.

### Blei-⅓-sulfantimonit (Semseyit) = $Sb_8S_{21}Pb_9$.

Spec. Gew. 5,92—5,95 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1442:1:1{,}1052$; $\beta = 108^\circ 56'$ Krenner (nat. Kryst.).

Combination: {001}, {100}, {113}, {111}, {221}, {11$\bar{3}$} (ähnlich dem Plagionit).
Spaltbarkeit nach {111} deutlich.

### Blei-⅔-sulfantimonit (Boulangerit) = $Sb_4S_{11}Pb_5$.

Spec. Gew. 6,18 (nat. Kryst.).
Rhombisch. $a:b:c = 0{,}5527:1:0{,}7478$ Sjögren (nat. Kryst.).
Dünne Prismen {100}, {110}, {120} usw. mit den Endflächen {012}.

### Silberblei-⅔-sulfantimonit = $Sb_4S_{11}(Pb, Ag_2)$.

#### Rhombische Modification (Diaphorit).

Spec. Gew. 5,902 (nat. Kryst).

$a:b:c = 0{,}4919:1:0{,}7345$ Zepharovich (nat. Kryst.).

Flächenreiche prismatische Krystalle mit den Formen {120}, {110}, {010}, {021}, {011}, {012} u. a. Zwillinge nach {120} und {122}.

#### Monokline Modification (Freieslebenit).

Spec. Gew. 6,11—6,19 (nat. Kryst.).

$a:b:c = 0{,}5872:1:0{,}9278$; $\beta = 92^\circ 14'$ Miller (nat. Kryst.).

Die nach der $c$-Axe prismatischen Krystalle des Minerales zeigen vorherrschend {100}, {110}, {120}, {130}, an den Enden {012}, {011}, {021}, {111}, {312} u. a. Formen.

### Cuproorthosulfantimonit (Stylotyp) = $SbS_3Cu_3$.

Spec. Gew. 4,8—5,2 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}9202:1:1{,}0355$; $\beta = 90^\circ$ ca. Stevanovič (nat. Kryst.).

Das stets isomorphe Beimischungen enthaltende Mineral bildet unvollkommene Krystalle mit den Formen: {100}, {110}, {210}, {111} u. a.

## Silberorthosulfarsenit = $AsS_3Ag_3$.

### Trigonale Modification (Proustit, Arsensilberblende).

Spec. Gew. 5,55—5,62 (nat. Kryst.), 5,49 Sommerlad[1]).

Ditrigonal pyramidal.

$\alpha = 103^\circ 32'$ ($a:c = 1:0,8038$ Miers) (nat. Kryst.).

Sénarmont[6]) gibt an, durch Erhitzen von gefälltem $AsS_3Ag_3$ in einer Lösung von $CO_3NaH$ auf ca. 300° flächenreiche doppeltbrechende Krystalle erhalten zu haben; nach Margottet[7]) erhält man meßbare Krystalle aus der Lösung von $As_2S_3$ und $Ag_2S$ in geschmolzenem Schwefel.

Die natürlichen Krystalle zeigen vorherrschend: $\{10\bar{1}\}$, $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\{100\}$, $\{110\}$, oft auch $\{20\bar{1}\}$ und andere ditrigonale Pyramiden. Zwillinge nach $\{112\}$, $\{100\}$, $\{111\}$ und $\{110\}$.

Spaltbarkeit nach $\{100\}$ deutlich.

Brechungsindices nach Fizeau und Des Cloizeaux für $Li$: $\omega = 2,9789$, $\varepsilon = 2,7113$, für $Na$: $\omega = 3,0877$, $\varepsilon = 2,7924$; $\underline{\rho}$ blutrot, $\underline{\varepsilon}$ cochenillrot.

### Monokline Modification (Xanthokon, Rittingerit).

Spec. Gew. 5,54 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,9187:1:1,0152$; $\beta = 91^\circ 13'$ Miers (nat. Kryst).

Das seltene Mineral bildet Tafeln nach $\{001\}$, mit den Randflächen $\{100\}$, $\{110\}$ u. a., meist Zwillinge nach $\{001\}$.

Spaltbarkeit nach $\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene senkrecht zu (010), 1. Mittellinie nahe senkrecht zu (001), $2E = 125^\circ$ ca., $\rho < v$.

## Silberorthosulfantimonit = $SbS_3Ag_3$.

### Trigonale Modification (Pyrargyrit, Antimonsilberblende).

Spec. Gew. 5,75—5,85 (nat. Kryst.), 5,76 Sommerlad[1]).

Ditrigonal pyramidal.

$\alpha = 104^\circ \frac{1}{2}'$ ($a:c = 1:0,7892$ Miers) (nat. Kryst.).

Nach den beim Proustit erwähnten Methoden haben Sénarmont und Margottet deutliche Krystalle von Pyrargyrit erhalten, geben aber auch von diesem keine Messungen an. Die natürlichen Krystalle, oft recht flächenreich, zeigen als häufigste Formen: $\{10\bar{1}\}$, $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\{100\}$, $\{110\}$, $\{112\}$, $\{201\}$, $\{\bar{2}01\}$ u. a. Mannigfache Zwillingsbildung.

Spaltbarkeit nach $\{100\}$ deutlich.

Brechungsindices nach Fizeau und Des Cloizeaux für $Li$: $\omega = 3,084$, $\varepsilon = 2,881$.

### Monokline Modification (Pyrostilpnit, Feuerblende).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,9465:1:1,0973$; $\beta = 90^\circ 0'$ ca. Luedecke (nat. Kryst.)

Die angenommene Stellung des Minerals ist die von Miers wegen der Isomorphie mit der Arsenverbindung gewählte; die Krystalle sind dünne Tafeln nach $\{001\}$ mit den Randflächen $\{101\}$, $\{100\}$, $\{515\}$, $\{510\}$ usw. Zwillinge nach $\{001\}$.

6) H. de Sénarmont, Compt. rend. 1851, **32**, 409. Ann. chim. phys. 1851, (3) **32**, 129.

7) Margottet, Compt. rend. 1877, **85**, 1142. Ann. scient. d. l'école norm. sup. 1879, **8**, 277.

### Cuprobleiorthosulfarsenit (Seligmannit) = $AsS_3PbCu$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9233:1:0{,}8734$ Solly (nat. Kryst.).

Die vorherrschenden Formen der flächenreichen Krystalle sind: {110}, {100}, {010}, {210}, {120}, {001}, {101}, {011}; Zwillinge nach {110}.

### Cuprobleiorthosulfantimonit (Bournonit) = $SbS_3PbCu$.

Spec. Gew. 5,7—5,8 (nat. Kryst.), 5,72 Dölter[3]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9380:1:0{,}8969$ Miller (nat. Kryst.).

Durch Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas auf die entsprechenden Chlor- oder Sauerstoffverbindungen von *Sb*, *Pb*, *Cu* in der Wärme erhielt Dölter (l. c. 38) kleine, tafelförmige Krystalle, welche nicht näher bestimmt werden konnten.

Das Mineral zeigt vorherrschend die Formen: {001}, {110}, {100}, {010}, {210}, {120}, {101}, {011}, {112}, {111}; meist Zwillinge nach {110}.

### Blei-½-sulfarsenit (Jordanit) = $As_2S_7Pb_4$.

Spec. Gew. 6,38—6,40 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}4945:1:0{,}2655$; $\beta = 90^\circ 33\tfrac{1}{2}'$ Baumhauer (nat. Kryst.).

Das ausgezeichnet pseudohexagonale Mineral bildet sehr flächenreiche Krystalle, Combinationen von {010} mit drei, einander unter nahezu gleichen Winkeln schneidenden Prismenzonen, zu welchen die ein pseudohexagonales Prisma bildenden Formen {100}, {101}, {10$\bar{1}$} gehören; drei weitere Zonen schneiden die Symmetrieebene in Richtungen, welche jene der drei ersten Zonenaxen halbieren. Lamellare Zwillingsbildung nach {10$\bar{1}$}.

Spaltbarkeit nach {010} vollkommen.

### Blei-½-sulfantimonit (Meneghinit) = $Sb_2S_7Pb_4$.

Spec. Gew. 6,34—6,43 (nat. Kryst.), 6,296 Sommerlad[1]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5289:1:0{,}3632$ Miers (nat. Kryst.).

Dünne Prismen {110}, {100}, {010}, {340}, {230} usw. mit meist unsymmetrisch ausgebildeten Endflächen {012}, {011} u. a.

Spaltbarkeit nach {100} vollkommen, nach {001} deutlich.

### Silber-⅕-sulfantimonit (Stephanit, Melanglanz) = $Sb_2S_8Ag_{10}$.

Spec. Gew. 6,17—6,28 (nat. Kryst.).
Rhombisch pyramidal.

$a:b:c = 0{,}6291:1:0{,}6851$ Vrba (nat. Kryst.).

Die oft sehr flächenreichen Krystalle dieses Minerales sind kurze pseudohexagonale Prismen {110}, {010} mit {001}, {111}, {021} und anderen, an den beiden Enden der *c*-Axe ungleich entwickelten Endflächen; Zwillinge nach {110} und nach {001}.

### Blei-½-sulfantimonit (Geokronit) = $Sb_2S_8Pb_5$.

Spec. Gew. 6,40—6,45 (nat. Kryst.), 6,45 Sommerlad[1]).

Rhombisch. $a:b:c = 0,6145:1:0,6797$ d'Achiardi (nat. Kryst.).

Prismen {011}, {001}, {032}, {021} mit den Endflächen {110}, {112} u. a.; Zwillinge nach {110}.

### Silber-½-sulfarsenit (Pearceït) = $AsS_6Ag_9$.

Spec. Gew. 6,13—6,17 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,7309:1:1,6199$; $\beta = 90^\circ 9'$ Penfield (nat. Kryst.)

Das Mineral bildet dünne pseudohexagonale Tafeln nach {001} mit den Randflächen {100}, {10$\bar{1}$}, {20$\bar{1}$}, {110}, {111}, {11$\bar{1}$}, {112} usw.

### Silber-½-sulfantimonit (Polybasit) = $SbS_6Ag_9$.

Spec. Gew. 6,15 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,7309:1:1,5796$; $\beta = 90^\circ 0'$ Penfield (nat. Kryst.).

Dünne Tafeln nach {001}, deren Randflächen {111} und {20$\bar{1}$} häufig scheinbar ein Rhomboëder bilden. Zwillingsbildung nach {110} mit Verwachsung nach {001}.

Doppelbrechung negativ; Axènebene {010}, 1. Mittellinie ungefähr senkrecht zu {001}, $2E = 88^\circ$ ca.

# Hypophosphite. Phosphite. Hypophosphate.

## Hypophosphite.

Unterphosphorigsaure Salze einwertiger Metalle sind nur zwei wasserfreie krystallographisch untersucht worden, das rhombische **Ammoniumhypophosphit** = $PH_2O_2(NH_4)$, und das monokline **Thallohypophosphit** = $PH_2O_2Tl$, ferner zwei wasserhaltige: **Lithiumhypophosphit-Monohydrat** = $PH_2O_2Li.H_2O$, und **Natriumhypophosphit-Monohydrat** = $PH_2O_2Na.H_2O$; die beiden letzteren krystallisieren monoklin und zeigen in einer Zone $(qq)$ auffallende Ähnlichkeit der Winkel, so daß die Frage ihrer eventuellen Isomorphie eine Prüfung erheischen würde.

Von wasserfreien Salzen zweiwertiger Metalle ist nur das monokline **Calciumhypophosphit** = $(PH_2O_2)_2Ca$, gemessen worden. Leicht in guten Krystallen zu erhalten ist das monokline **Baryumhypophosphit-Monohydrat** = $(PH_2O_2)_2Ba.H_2O$. **Magnesium-, Ferro-, Nickel-, Kobalto-** und **Zinkhypophosphit-Hexahydrat** = $(PH_2O_2)_2Mg.6H_2O$, $(PH_2O_2)_2Fe.6H_2O$, $(PH_2O_2)_2Ni.6H_2O$, $(PH_2O_2)_2Co.6H_2O$ und $(PH_2O_2)_2Zn.6H_2O$ krystallisieren in scheinbar regulären Oktaëdern; durch Messung konnte aber beim Magnesium- und Kobaltsalze die tetragonale Krystallform nachgewiesen

werden, und ebenso wurden die Nickel- und die Zinkverbindung optisch als positiv einaxig erkannt; $(PH_2O_2)_2Mg.6H_2O$ wird beim Erwärmen einfach brechend, beim Abkühlen wieder doppeltbrechend und zeigt dann Zwillingsbildung, wahrscheinlich nach {101}, wie sie bei den drei anderen Salzen auch an den nicht erhitzten Krystallen auftritt.

### Ammoniumhypophosphit = $PH_2O_2(NH_4)$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}5276:1:1{,}5137$ Beckenkamp[1]).

Die Krystalle sind nach Rammelsberg[2]) und Beckenkamp Tafeln nach $c\{001\}$ mit $o\{111\}$ und $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Beckenkamp: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *72° 52′ | 73° 0′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *52 58 | — |
| $o:a = (111):(100) =$ | 32° 19′ | 32 27 | 31 30 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ sehr vollkommen.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $a\{100\}$ sind die Axenbilder am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar (Beckenkamp).

### Thallohypophosphit = $PH_2O_2Tl$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}786:1:0{,}805$ Rammelsberg[3]).

Prismatische Krystalle der Combination $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *76° 20′ |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *37 30 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 58° 42′ | 59 0 |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 77 10 | 77 0 |

### Lithiumhypophosphit-Monohydrat = $PH_2O_2Li.H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}6228:1:1{,}9518$; $\beta = 100°8'$ Rammelsberg[3]).

Nach Rammelsberg (l. c. 416) sind die Krystalle Prismen $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, am Ende mit $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *55° 0′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *79 52 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *56 20 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 85° 20′ | — |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | 88 32 | — |

1) Beckenkamp, Zeitschr. f. Krystall. 1903, 37, 618.
2) Rammelsberg, Monatsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1872, 576.
3) Rammelsberg, Monatsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1872, 414.

### Natriumhypophosphit-Monohydrat = $PH_2O_2Na.H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,8199:1:2,2320$; $\beta = 123^\circ 16'$ Beckenkamp[1]).

Prismen $m\{110\}$ mit untergeordnetem $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 68° 52' | 69° 3' |
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *56 22 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *44 33 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *73 30 |

Auf $m\{110\}$ ist die Auslöschungsrichtung unter 3° geneigt gegen die $c$-Axe.

### Calciumhypophosphit = $(PH_2O_2)_2Ca$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1963:1:1,3854$; $\beta = 104^\circ 48'$ Schabus[4]).

Die Krystalle sind nach Schabus Tafeln $c\{001\}$, verlängert nach der $a$-Axe, oder kurze nach der $c$-Axe gestreckte Prismen mit $k\{021\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$ und $r\{101\}$. Rammelsberg[3]) (l. c. 427) fügte dazu noch $b\{010\}$ und eine weitere Form, vermutlich $\sigma\{20\bar{1}\}$, beobachtete dagegen nicht $r\{101\}$; die Krystalle sind nach ihm häufig Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Schabus: | Beobachtet: Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 98° 20' | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *76° 4' | 76° 20' |
| $k:c = (021):(001) =$ | 69 32 | — | 70 0 ca. |
| $r:c = (101):(001) =$ | 40 50 | — | — |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *80 23 | 80 30 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *53 25 | 53 35 |
| $\sigma:m = (20\bar{1}):(110) =$ | 53 42 | — | 54 10 |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 79 40 | — | 76 20 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen (Schabus).

### Baryumhypophosphit-Monohydrat = $(PH_2O_2)_2Ba.H_2O$.

Spec. Gew. 2,87—2,90 Mohr[5]), 2,78 Nye[5]), 2,84—2,91 Schröder[6]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,0017:1:1,5760$; $\beta = 99^\circ 33'$ Topsøe[7]).

Nach Rammelsberg[3]) (l. c. 418) zeigen die nach der $b$-Axe verlängerten Krystalle die Formen $\varrho\{10\bar{1}\}$ oft herrschend, dann $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $x\{112\}$, weniger häufig und untergeordnet $q\{011\}$, $\zeta\{\bar{2}11\}$, $r\{101\}$, $z\{211\}$ und $\sigma\{20\bar{1}\}$. Topsøe, welcher diese Beobachtungen im allgemeinen bestätigte, fand die beiden letzteren Formen nicht, dagegen häufig Zwillingsbildung nach $\varrho\{10\bar{1}\}$.

---

4) Schabus, Best. d. Krystallgestalten i. chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 100.
5) Mohr u. Nye in Clarke, Spec. Grav. of Solids. Washington 1888, 113.
6) Schröder, Ber. d. d. chem. Ges. 1878, **11**, 2130.
7) Topsøe, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1874, **69** (II), 279.

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $a:c = (100):(001)$ | = 80° 27′ | 80° 7′ | 79° 40′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ | = 41 64 | 41 32 | 42 30 |
| $r:c = (101):(001)$ | = 34 29 | 34 31 | 34 10 |
| $\sigma:a = (20\bar{1}):(100)$ | = 34 3 | — | 34 52 |
| $q:c = (011):(001)$ | = 57 14 | 57 5 | — |
| $m:c = (110):(001)$ | = — | *85 42 | 85 30 |
| $m:a = (110):(100)$ | = — | *63 7 | 63 10 |
| $x:c = (112):(001)$ | = 39 10 | 39 4 | 39 5 |
| $x:a = (112):(100)$ | = 65 58 | 65 29 | 65 18 |
| $x:x = (112):(1\bar{1}2)$ | = 68 49 | 68 53 | 68 0 |
| $\zeta:a = (21\bar{1}):(100)$ | = 52 34 | 52 40 | — |
| $\zeta':q = (\bar{2}11):(011)$ | = 42 34 | 42 46 | — |
| $r:m = (101):(110)$ | = 71 42 | 71 34 | 70 45 |
| $r:q = (101):(011)$ | = 63 29 | 63 28 | 63 30 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011)$ | = 66 12 | 66 2 | 67 0 ca. |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110)$ | = — | *76 3 | 75 40 |
| $\varrho:\zeta = (10\bar{1}):(21\bar{1})$ | = 46 51 | 46 40 | — |
| $m:\zeta = (110):(21\bar{1})$ | = 29 13 | 29 15 | — |
| $\varrho':x = (\bar{1}01):(112)$ | = 67 3 | 67 3 | — |

**Magnesiumhypophosphit-Hexahydrat = $(PH_2O_2)_2Mg \cdot 6H_2O$.**

Spec. Gew. 1,568—1,589 Mohr[5]).

Ditetragonal bipyramidal. $a:c = 1:0,9878$ Beckenkamp[1]).

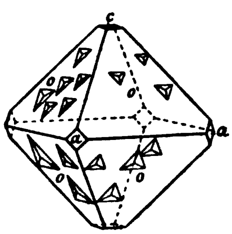
Die von Rammelsberg[3]) (l. c. 432) irrtümlich zuerst als kubisch beschriebenen Krystalle sind nach Beckenkamp[1]) (l. c. 619) Bipyramiden $o\{111\}$; nach Rammelsberg tritt häufig noch $c\{001\}$ und $a\{100\}$ hinzu.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | = — | *71° 15′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = 70° 10′ | 70 18 |

Doppelbrechung positiv, schwach.

**Kobaltohypophosphit-Hexahydrat = $(PH_2O_2)_2Co \cdot 6H_2O$.**

Fig. 834.



Spec. Gew. 1,808—1,811 Nye[5]).

Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:0,9892$ Stevanovič[8]).

Von Rammelsberg[1]) (l. c. 443) zuerst für kubisch gehalten. Beckenkamp[1]) (l. c. 619) beschrieb oktaëderähnliche Bipyramiden und beobachtete Zwillingsbildung nach $\{101\}$; nach Stevanovič zeigen die Krystalle gewöhnlich $o\{111\}$, selten und untergeordnet $c\{001\}$ und $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Stevanovič: | Beckenkamp: |
|---|---|---|---|
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | = — | *71° 26′ | 71° 22′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = 70° 6′ | 70 19 | 69 38 |

Die Ätzfiguren auf $\{111\}$ sind nach Stevanovič annähernd gleichwinkelige, dreiseitige Figuren (Fig. 834).

Doppelbrechung positiv, sehr schwach. Farbe rot.

8) Stevanovič, Zeitschr. f. Krystall. 1903, 37, 264.

## Phosphite.

Von der phosphorigen Säure $OPH(OH)_2$ wurden folgende saure Salze gemessen: **Hydrogenkalium- und Hydrogenammoniumphosphit** = $PHO_3KH$ und $PHO_3(NH_4)H$; beide krystallisieren monoklin und lassen sich auf ziemlich ähnliche Elemente zurückführen; ob sie wirklich isomorph sind, würde durch Untersuchung von Mischkrystallen festzustellen sein; ferner das monokline **Hydrogennatriumphosphit-Hemipentahydrat** = $PHO_3NaH.2\frac{1}{2}H_2O$. Endlich liegt noch die Krystallbestimmung eines neutralen Salzes vor, nämlich von **Natriumphosphit-Pentahydrat** = $PHO_3Na_2.5H_2O$, welches rhombisch krystallisiert.

### Hydrogenkaliumphosphit = $PHO_3KH$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3913:1:1,7197$; $\beta = 101°49\frac{1}{2}'$ Dufet[1]).

Die von Amat[2]) dargestellten Krystalle sind nach Dufet Prismen $m\{110\}$ mit $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | — | *107° 25' |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ = | — | *58 19 |
| $m:c = (110):(001)$ = | — | *83 2 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110)$ = | 64° 35' | 64 41 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 52° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; $2V = 36°14'$ ca.; $\beta = 1,45$.

### Hydrogenammoniumphosphit = $PHO_3(NH_4)H$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,5232:1:1,9236$; $\beta = 103°6\frac{1}{4}'$ Dufet[1]).

Dargestellt von Amat[2]) (l. c. 307). Die Krystalle sind nach Dufet (l. c. 210) dicke Tafeln nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ mit $c\{001\}$, $r\{101\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$ und $k\{012\}$. Der Parameter $b$ wurde hier halb so groß angenommen, als von Dufet, um die Ähnlichkeit mit dem Kaliumsalze hervortreten zu lassen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | 112° 2' | 111° 52' |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0)$ = | — | *73 8 |
| $k:c = (012):(001)$ = | 43 8 | 43 13 |
| $n:c = (210):(001)$ = | 79 30 | 79 34 |
| $r:c = (101):(001)$ = | 43 43 | 43 50 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ = | 59 53 | 59 54 |
| $\varrho:n = (10\bar{1}):(210)$ = | — | *54 11 |
| $k:n = (012):(210)$ = | — | *57 18 |
| $k:m = (012):(110)$ = | 48 45 | 48 46 |
| $k:\varrho' = (012):(\bar{1}01)$ = | 68 31 | 68 29 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 67° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$, $2H_a$ (in Öl mit $n = 1,465$) = 13° 50'.

1) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 209. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **22**, 592.

2) Amat, Ann. chim. phys. 1891, (6) **24**, 306.

### Hydrogennatriumphosphit-Hemipentahydrat = $PHO_3NaH.2\frac{1}{2}H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,2017:1:0,7964$; $\beta = 109^\circ 53'$ Dufet[3]).

Die von Amat[4]) dargestellten Krystalle sind nach Dufet dicke Tafeln nach $c\{001\}$, etwas verlängert nach der $b$-Axe, welche gewöhnlich ziemlich groß ausgebildet $a\{100\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $n\{130\}$, $\xi\{33\bar{1}\}$, seltener $x\{331\}$, ferner $v\{131\}$, $y\{13\bar{1}\}$, $z\{13\bar{2}\}$ und $\sigma\{20\bar{1}\}$ zeigen.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $\varrho':c$ | $= (\bar{1}01):(001) =$ | — | *38° 49′ |
| $r:c$ | $= (101):(001) =$ | 26° 57′ | 26 58 |
| $\varrho:a$ | $= (10\bar{1}):(100) =$ | — | *71 4 |
| $\varrho:\sigma$ | $= (10\bar{1}):(20\bar{1}) =$ | 27 24 | 27 17 ca. |
| $n:n'$ | $= (130):(\bar{1}30) =$ | 32 52 | 32 51 |
| $\xi':c$ | $= (\bar{3}31):(001) =$ | 83 41 | 83 41 |
| $\xi:a$ | $= (33\bar{1}):(100) =$ | — | *55 55 |
| $z':c$ | $= (\bar{1}32):(001) =$ | 52 43 | 52 48 |
| $v:c$ | $= (131):(001) =$ | 62 17 | 62 17 |
| $v:n$ | $= (131):(130) =$ | 22 14 | 22 14 |
| $x:a$ | $= (331):(100) =$ | 46 17 | 46 22 ca. |
| $x:n$ | $= (331):(130) =$ | 33 23 | 33 33 |
| $\xi:\xi$ | $= (33\bar{1}):(3\bar{3}\bar{1}) =$ | 99 38 | 99 41 |
| $\xi:\varrho$ | $= (33\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 61 2 | 61 2 |
| $\xi:r$ | $= (33\bar{1}):(101) =$ | 79 3 | 79 21 ca. |
| $\xi:n$ | $= (33\bar{1}):(130) =$ | 26 57 | 26 54 |
| $y:n$ | $= (13\bar{1}):(130) =$ | 23 54 | 23 50 |
| $y:\varrho$ | $= (13\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 66 8 | 66 13 |
| $y:z$ | $= (13\bar{1}):(13\bar{2}) =$ | 18 54 | 18 51 |
| $\varrho:n$ | $= (10\bar{1}):(130) =$ | 84 44 | 84 45 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet für $Na$-Licht 54° 33′ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$ (für $Li$ 54° 35½′ und für $Tl$ 54° 30′). Brechungsindices nach Dufet für $Na$:

$$\alpha = 1,4193, \quad \beta = 1,4309, \quad \gamma = 1,4493,$$

ferner $\beta$ für $Li = 1,4281$, für $Tl = 1,4334$; $2V = 77^\circ 46'$ ($Na$) berechnet. $2V$ beob. $= 77^\circ 36\frac{1}{2}'$ ($Li$), $77^\circ 38'$ ($Na$), $77^\circ 40'$ ($Tl$).

### Natriumphosphit-Pentahydrat = $PHO_3Na_2.5H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6998:1:0,7813$ Dufet[5]).

Dargestellt von Amat[6]). Die Krystalle sind nach Dufet Prismen $m\{110\}$, am Ende mit $r\{101\}$ und $q\{011\}$; sehr untergeordnet finden sich noch $a\{100\}$ $b\{010\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:a$ | $= (110):(100) =$ | — | *34° 59′ |
| $r:a$ | $= (101):(100) =$ | — | *41 51 |
| $q:b$ | $= (011):(010) =$ | 52° 0′ | 52 5 |
| $q:m$ | $= (011):(110) =$ | 69 20 | 69 20 |
| $q:r$ | $= (011):(101) =$ | 58 17 | 58 18 |

3) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1889, **12**, 477. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **20**, 280.
4) Amat, Compt. rend. 1888, **106**, 1351.
5) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 199. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 274.
6) Amat, Compt. rend. 1889, **108**, 403.

Doppelbrechung positiv, schwach; Axenebene $c\{001\}$; 1. Mittellinie die $a$-Axe; $\beta = 1{,}4434$ (für $Na$); $2V$ (durch indirecte Messung erhalten) $= 43°16'$ ($Li$), $44°7'$ ($Na$) und $44°45'$ ($Tl$). Bei Temperaturerhöhung um $1°$ nimmt $2V$ um ungefähr $10'$ zu.

## Hypophosphate.

Die Salze der vierbasischen Unterphosphorsäure $P_2O_2(OH)_4$ sind eingehend von Salzer[1]) studiert worden, und die Mehrzahl seiner Präparate wurden krystallographisch untersucht; es handelt sich hauptsächlich um saure Salze. Wasserfrei sind unter diesen nur das monokline **Trihydrogenkaliumhypophosphat** (Monokaliumsubphosphat) $= P_2O_6KH_3$, das rhombische **Dihydrogendiammoniumhypophosphat** $= P_2O_6(NH_4)_2H_2$ und das monokline **Dihydrogendithallohypophosphat** $= P_2O_6Tl_2H_2$; da die beiden letzteren Salze keine Ähnlichkeit ihrer Krystallformen zeigen, ist eine Dimorphie derselben wahrscheinlich. Für eine Verbindung, welche Salzer neben dem wasserfreien Ammoniumsalze in geringer Menge erhielt, schloß er aus dem Säuregehalte (Wasser- und Ammoniakbestimmung konnten nicht ausgeführt werden) auf die Formel: $P_2O_6(NH_4)_2H_2.H_2O$; die Verbindung krystallisiert monoklin. Abgesehen von diesem Körper, welcher jedenfalls einer nochmaligen Untersuchung bedarf, hat den niedrigsten Wassergehalt ein rhombisch krystallisiertes Salz, für welches Salzer anfangs die Zusammensetzung des analogen Kaliumsalzes annahm, nach späterer Untersuchung aber **Pentahydrogentrikaliumdihypophosphat-Dihydrat** $= (P_2O_6)_2K_3H_5.2H_2O$. **Dihydrogendikaliumhypophosphat** - (Dikaliumsubphosphat) - **Dihydrat** $= P_2O_6K_2H_2.2H_2O$ krystallisiert monoklin, **Dihydrogendikaliumhypophosphat-Trihydrat** $= P_2O_6K_2H_2.3H_2O$ rhombisch. Denselben Wassergehalt besitzt auch das monokline **Hydrogentrikaliumhypophosphat**-(Trikaliumsubphosphat)-**Trihydrat** $= P_2O_6K_3H.3H_2O$. Mit zunehmendem Wassergehalte folgen darauf: **Trihydrogennatriumhypophosphat-Tetrahydrat** $= P_2O_6NaH_3.4H_2O$, monoklin; **Dihydrogendinatriumhypophosphat-Hexahydrat** $= P_2O_6Na_2H_2.6H_2O$, ebenfalls monoklin mit sehr mannigfacher Ausbildung der Krystalle; **Kaliumhypophosphat**-(Tetrakaliumsubphosphat)-**Oktohydrat** $= P_2O_6K_4.8H_2O$, rhombisch; **Hydrogentrinatriumhypophosphat-Enneahydrat** $= P_2O_6Na_3H.9H_2O$, monoklin domatisch; **Trihydrogenpentanatriumdihypophosphat-Ikosihydrat** $= (P_2O_6)_2Na_5H_3.20H_2O$, monoklin; **Natriumhypophosphat-Dekahydrat** $= P_2O_6Na_4.10H_2O$ monoklin.

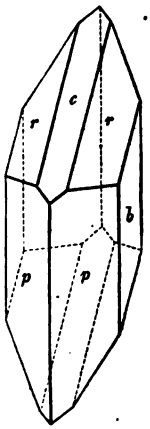
Von zweiwertigen Metallen wurden nur zwei, wie die Mehrzahl der vorhergehenden, saure Salze krystallographisch untersucht: **Dihydrogenbaryumhypophosphat-Dihydrat** $= P_2O_6BaH_2.2H_2O$ und **Dihydrogencalciumhypophosphat-Hexahydrat** $= P_2O_6CaH_2.6H_2O$; beide sind monoklin; eine Vergleichung ihrer Krystallformen mit denen der analog zusammengesetzten Salze einwertiger Metalle, nämlich mit $P_2O_6K_2H_2.2H_2O$

1) Salzer, Ann. d. Chemie 1877, **187**, 322; 1878, **194**, 224; 1882, **211**, 1.

bzw. $P_2O_6Na_2H_2 . 6H_2O$ läßt keine Ähnlichkeit erkennen, wie überhaupt die bisherigen Untersuchungen dieser Körperklasse zur Feststellung krystallochemischer Beziehungen kein geeignetes Material darbieten.

### Trihydrogenkaliumhypophosphat = $P_2O_6KH_3$.

Fig. 835.




Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}9331 : 1 : 0{,}6612$; $\beta = 136^\circ 53'$ Haushofer[2]).

Die von Salzer dargestellten Krystalle zeigen nach Haushofer die Combination $b\{010\}$, $p\{110\}$, $r\{011\}$ und etwas schmäler $c\{001\}$ (Fig. 835), wozu bisweilen $a\{100\}$ und zwei nicht näher bestimmbare Prismen 4. Art, eine davon wahrscheinlich $\omega\{11\bar{1}\}$ entsprechend, treten; Zwillinge nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p : p = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *65° 3′ |
| $r : r = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *51 32 |
| $p : c = (110) : (001) =$ | — | 52 1 |
| $p : r = (110) : (011) =$ | 38° 0′ | 38 6 |

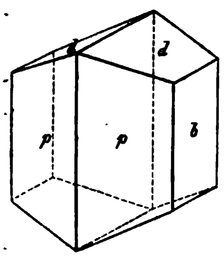
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $c\{001\}$ ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar; auf $p\{110\}$ ist die Auslöschung 16°—17° gegen die $c$-Axe geneigt.

### Dihydrogendiammoniumhypophosphat = $P_2O_6(NH_4)_2H_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}6324 : 1 : 0{,}4125$ Haushofer[3]).

Fig. 836.




Die von Salzer dargestellten Krystalle zeigen nach Haushofer die Formen $p\{110\}$, $d\{011\}$ und $b\{010\}$ (Fig. 836); der Form $d$ hatte Haushofer das Symbol $\{012\}$ gegeben, um eine Ähnlichkeit mit einem Kaliumsalze zum Ausdrucke zu bringen, welches sich jedoch später als ganz abweichend zusammengesetzt herausstellte.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p : p = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *64° 37′ |
| $d : b = (012) : (010) =$ | — | *67 35 |
| $d : p = (012) : (110) =$ | 78° 14′ | 78 25 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$.

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$; in der Richtung der $c$-Axe gesehen, sind in Öl beide Axenbilder sichtbar.

### Dihydrogendithallohypophosphat = $P_2O_6Tl_2H_2$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}9089 : 1 : 1{,}2975$; $\beta = 94^\circ 50'$ Dufet[4]).

Ein von Joly erhaltenes Präparat bildet nach Dufet kleine Prismen $m\{110\}$, immer mit $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$; seltener und niemals mit allen Flächen tritt dazu noch $\xi\{11\bar{2}\}$.

2) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1882, 6, 117.
3) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1879, 3, 608.
4) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1888, 11, 145. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 18, 444.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *84°20′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *86 25 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | 58°56′ | 58 56 |
| $\xi':c = (\bar{1}12):(001) =$ | — | *46 20 |
| $\xi:\varrho = (11\bar{2}):(10\bar{1}) =$ | 35 26 | 35 26 |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1}) =$ | 53 6 | 53 5 |

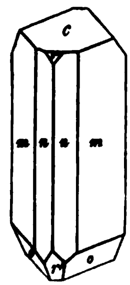
**Hydrogenammoniumhypophosphat-Monohydrat = $P_2O_6(NH_4)_2H_2.H_2O$(?).**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,6692:1:1,4906$; $\beta = 104°13'$ Fresenius[5]).

Die von Salzer dargestellten Krystalle, deren Zusammensetzung nicht sicher zu ermitteln war, sind nach Fresenius Prismen $m\{110\}$, $n\{210\}$, am Ende mit $c\{001\}$, $o\{11\bar{1}\}$ und untergeordneten $r\{101\}$ und $r'\{20\bar{1}\}$ (Fig. 837). Die berechneten Winkel wurden zum Teil durch Negri[6]) corrigiert.

Fig. 837.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *116°34′ |
| $r:c = (101):(001) =$ | 35°23′ | 39 10 (?) |
| $r':c = (\bar{2}01):(001) =$ | — | *72 2 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *82 35 |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 77 57 | 78 15 |
| $n:c = (210):(001) =$ | 79 0 | 78 35 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 65 8 | 63 ca. |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ deutlich.
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $c\{001\}$ eine Axe sichtbar.

**Pentahydrogentrikaliumdihypophosphat-Dihydrat = $(P_2O_6)_2K_3H_5.2H_2O$.**

Rhombisch pyramidal (?).

$a:b:c = 0,6792:1:0,8508$ Fresenius[5]).

Fresenius (l. c. 611) untersuchte kleine, wasserklare Krystalle der Combination (Fig. 838): $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{211\}$, $c\{001\}$ und $q\{011\}$. Haushofer[2]) (l. c. 118), der diese Beobachtung im allgemeinen bestätigte, fand $o\{211\}$ nicht, dagegen an Krystallen von der Form der Fig. 839 (Zwillinge nach $c\{001\}$?) immer $e\{201\}$, nur einmal an einem einfachen Krystalle. Beide Präparate hat Salzer aus einer Lösung mit Dikaliumhypophosphat und Unterphosphorsäure dargestellt, im ersteren Falle aber dem Salze irrtümlich die Formel $P_2O_6K_2H_2.H_2O$ zugeschrieben.

Fig. 838.

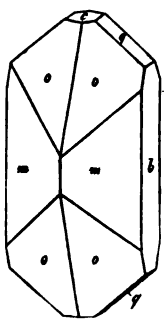
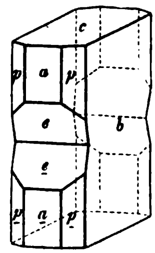


Fig. 839.



5) Fresenius, Zeitschr. f. Krystall. 1879, 3, 609.
6) Negri, Rivista d. min. e crist. ital. 1891, 9, 46.

| | Berechnet: | Beobachtet: Fresenius: | Haushofer: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | *68° 22′ | — |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | = — | *80 47 | — |
| $q:m = (011):(110)$ | = 68° 39′ | 68 22 | — |
| $o:o = (211):(2\bar{1}\bar{1})$ | = 55 19 | 54 44 | — |
| $e:c = (201):(001)$ | = 68 14 | — | 68° 0′ |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ (Fresenius).

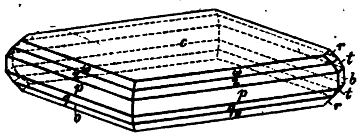
Ebene der optischen Axen $a\{100\}$; durch $b\{010\}$ sind beide Axenbilder sichtbar.

### Dihydrogendikaliumhypophosphat-Dihydrat = $P_2O_6K_2H_2.2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7451:1:0,7976; \quad \beta = 98°28\frac{1}{3}'$ Dufet[7]).

Fig. 840.



Haushofer[2]) (l. c. 116) hat zuerst an den von Salzer dargestellten Krystallen die Formen $c\{001\}$ (wonach sie tafelig erscheinen), dann $p\{110\}$, $\omega\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $\chi\{221\}$, $q\{22\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $r\{011\}$ und $t\{021\}$ beobachtet (Fig. 840); $c\{001\}$ erscheint immer parallel der $a$-Axe gestreift. Dufet[7]) bestätigte die Resultate an sehr gut meßbaren Krystallen, welche dieselben Formen zeigten.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Haushofer: |
|---|---|---|---|
| $r:c = (011):(001)$ | = 38° 16′ | 38° 17′ | 38° 0′ |
| $t:b = (021):(010)$ | = — | *32 22 | 32 26 |
| $p:p = (110):(1\bar{1}0)$ | = 72 47 | — | 72 36 |
| $\omega:c = (111):(001)$ | = 48 45 | — | 49 7 |
| $\chi:p = (221):(110)$ | = 19 40 | 19 40 | 19 39 |
| $q':c = (\bar{2}21):(001)$ | = 75 28 | — | 75 0 |
| $o':c = (\bar{1}11):(001)$ | = — | *57 28 | 57 23 |
| $o:\chi = (11\bar{1}):(221)$ | = — | *59 1 | 58 50 |
| $\chi:\chi = (221):(2\bar{2}1)$ | = 64 40 | 64 40 | 64 36 |
| $q:q = (22\bar{1}):(2\bar{2}\bar{1})$ | = 70 40 | — | 70 24 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = 60 30 | 60 35 | 60 47 |
| $r:p = (011):(110)$ | = 62 34 | 62 35 | — |
| $r:p' = (011):(\bar{1}10)$ | = 74 5 | — | — |
| $'\chi:p = (2\bar{2}1):(110)$ | = 72 7 | 72 9 | — |
| $q:p = (2\bar{2}\bar{1}):(110)$ | = 75 49 | 75 53 | — |
| $'o:p = (1\bar{1}\bar{1}):(110)$ | = 79 54 | 79 59 | — |
| $t_{,}:p = (02\bar{1}):(110)$ | = 64 3 | 64 5 | — |
| $t:\chi = (021):(221)$ | = 46 20 | 46 17 | — |
| $t:q' = (021):(\bar{2}21)$ | = 51 29 | 51 20 | — |
| $\chi:'o = (221):(1\bar{1}\bar{1})$ | = 91 23 | 91 24 | — |
| $\chi:t_{,} = (221):(02\bar{1})$ | = 77 59 | 77 52 | — |

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet nach Dufet 36°30′ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$ bei nicht wahrnehmbarer horizontaler Dispersion; Brechungsindices für $Na$-Licht:

$\alpha = 1,4893; \ \beta = 1,5314; \ \gamma = 1,5363;$ daraus $2V = 36°9'$;

Dispersion der Axen sehr schwach; $\varrho < v$.

7) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1891, 14, 217. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 22, 595.

**Dihydrogendikaliumhypophosphat-Trihydrat = $P_2O_6K_2H_2 . 3H_2O$.**

Rhombisch bipyramidal.

$$a : b : c = 0,9917 : 1 : 0,9008 \text{ Dufet}^{7)}.$$

Dufet (l. c. 219) fand an dickprismatischen Krystallen die Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $s\{103\}$, untergeordnet $x\{123\}$ und $y\{323\}$; auch Durchkreuzungszwillinge nach $m\{110\}$ treten auf. Haushofer[2]) (l. c. 116) hatte früher dieselben Formen außer $x$ und $y$, ferner noch $c\{001\}$ beobachtet. Einzelne Irrtümer des Letzteren wurden von Dufet korrigiert; dagegen ließ sich eine mit $\{203\}$ bezeichnete Form ihrer Stellung nach nicht ermitteln.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Beobachtet: Haushofer: |
|---|---|---|---|
| $m : a = (110) : (100)$ | = 44° 45½′ | 44° 47′ | 44° 38′ |
| $r : a = (101) : (100)$ | = — | *47 45 | 47 35 |
| $s : a = (103) : (100)$ | = 73 9½ | 73 11 | 73 8 |
| $r : m = (101) : (110)$ | = — | *61 29 | — |
| $x : b = (123) : (010)$ | = 60 7 | 59 57 | — |
| $x : a = (123) : (100)$ | = 75 27 | 75 16 | — |
| $x : m = (123) : (110)$ | = 58 2½ | 58 0 | — |
| $y : b = (323) : (010)$ | = 66 2 | 65 50 | — |
| $y : a = (323) : (100)$ | = 52 5½ | 51 53 | — |
| $y : m = (323) : (110)$ | = 43 45½ | 43 49 | — |
| $s : m = (103) : (110)$ | = 78 7½ | 78 4 | — |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie die $c$-Axe; Brechungsindices für $Na$-Licht nach Dufet:

$$\alpha = 1,4768; \ \beta = 1,4843; \ \gamma = 1,4870; \text{ daraus } 2V \text{ ber.} = 62^\circ 0'.$$

Dispersion sehr gering; $\varrho < v$.

**Hydrogentrikaliumhypophosphat-Trihydrat = $P_2O_6K_3H . 3H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 0,4224 : 1 : 0,9902; \quad \beta = 90^\circ 25' \text{ Haushofer}^{2)}.$$

Die von Salzer dargestellten Krystalle zeigen nach Haushofer (l. c. 114) am häufigsten die einfache Combination $c\{001\}$, $b\{010\}$, $\omega\{111\}$ und $o\{11\bar{1}\}$ in der Gestalt rectangulärer nach der $a$-Axe verlängerter Prismen (Fig. 841). An flächenreicheren, nach $c\{001\}$ dicktafeligen Krystallen fanden sich außerdem noch $r\{021\}$ und in seltenen Fällen $p\{110\}$, $v\{11\bar{2}\}$, $w\{112\}$ und $e\{011\}$ (Fig. 842).

Fig. 841.

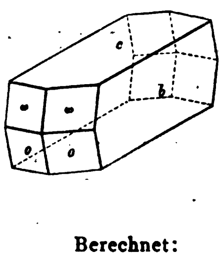
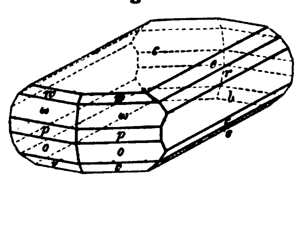


Fig. 842.



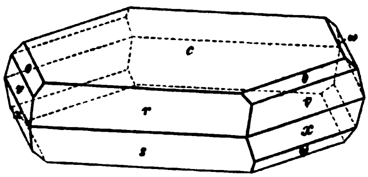
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p : b = (110) : (010)$ | = 67° 6′ | 67° 0′ |
| $r : c = (021) : (001)$ | = 63 12 | 63 12 |
| $e : c = (011) : (001)$ | = 44 43 | 44 30 |
| $p : c = (110) : (001)$ | = 89 37 | 89 30 |
| $\omega : c = (111) : (001)$ | = — | *68 13 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega : \omega = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *42° 22′ |
| $\omega : o = (111) : (11\bar{1}) =$ | 42° 55′ | 42 50 |
| $o' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 68 52 | 69 0 |
| $o : o = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *42 34 |
| $v' : c = (\bar{1}12) : (001) =$ | 52 4 | 52 2 |
| $v : v = (11\bar{2}) : (1\bar{1}\bar{2}) =$ | 35 20 | 35 26 |
| $w : c = (112) : (001) =$ | 52 16 | 52 12 |
| $w : w = (112) : (1\bar{1}2) =$ | 35 52 | — |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie (mit schwacher Dispersion) bildet mit der $c$-Axe ca. 35° im spitzen Winkel $\beta$, Axenwinkel klein.

### Trihydrogennatriumhypophosphat-Tetrahydrat = $P_2O_6NaH_3 . 4H_2O$.

Fig. 843.



Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 2{,}0083 : 1 : 1{,}0907$;
$\beta = 97°19'$ Haushofer[2]).

Die von Salzer dargestellten Krystalle sind nach Haushofer (l. c. 119) Tafeln nach $c\{001\}$ und zeigen außerdem die Formen $r\{301\}$, $s\{30\bar{1}\}$, $v\{331\}$, $x\{33\bar{1}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und sehr untergeordnet $o\{111\}$ (Fig. 843).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $s' : c = (001) : (\bar{3}01) =$ | — | *63° 58′ |
| $s : r = (30\bar{1}) : (301) =$ | — | *62 44 |
| $o : c = (111) : (001) =$ | 48° 30′ | 47 42 |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 52 26 | 52 55 |
| $v : c = (331) : (001) =$ | 71 22 | 70 33 |
| $v : r = (331) : (301) =$ | 58 10 | 58 27 |
| $x' : c = (\bar{3}31) : (001) =$ | 77 41 | 77 56 |
| $x : s = (33\bar{1}) : (30\bar{1}) =$ | — | *60 56 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, 1. Mittellinie ist nahezu senkrecht zu $c\{001\}$, durch welche Fläche beide Axenbilder sichtbar sind; deutliche geneigte Dispersion.

### Dihydrogendinatriumhypophosphat-Hexahydrat = $P_2O_6Na_2H_2 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 1,849 Dufet[8]).
Monoklin (domatisch?).

$a : b : c = 2{,}0126 : 1 : 2{,}0377$; $\beta = 126°47'$ Dufet[9]).

Von Salzer dargestellte Krystalle haben zuerst Haushofer und Fresenius gemessen. Ersterer beschrieb bei der ersten Untersuchung[10]) einfache, nach $c\{001\}$ tafelige Krystalle, welche bisweilen nur noch $p\{110\}$ (Fig. 844) zeigen; oft tritt dazu $s\{\bar{1}11\}$, stets nur mit zwei Flächen an der Rückseite (Fig. 845), und $r\{20\bar{1}\}$ (Fig. 846); auch fehlten häufig die rückseitigen Flächen von $p\{110\}$

8) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 102. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 616.
9) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1886, **9**, 207. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 277.
10) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1877, **1**, 620.

(Fig. 847). Bei der späteren Untersuchung Haushofers[3]) (l. c. 605) waren die Krystalle prismatisch verlängert nach der *c*-Axe und zeigten, abgesehen von $r\{20\bar{1}\}$, neben den genannten Formen nach $t\{11\bar{2}\}$, $n\{111\}$ und seltener in

Fig. 844.

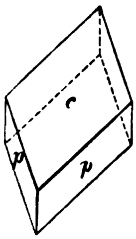



Fig. 845.

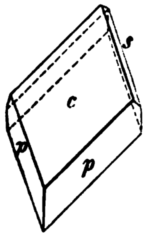



Fig. 846.

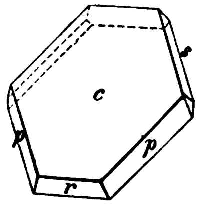
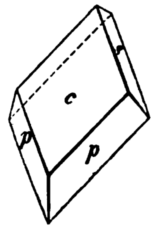



Fig. 847.




ziemlicher Ausdehnung noch $d\{10\bar{1}\}$, während $c\{001\}$ stark zurücktrat (Fig. 848 und 849). Eine seltenere einfache Combination stellt Prismen $p\{110\}$ mit $c\{001\}$ und $d\{10\bar{1}\}$ dar (Fig. 850). Alle die genannten Formen beobachtete

Fig. 848.

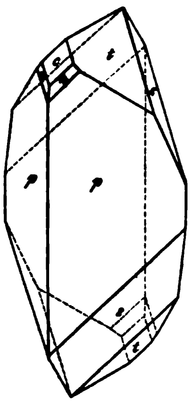



Fig. 849.

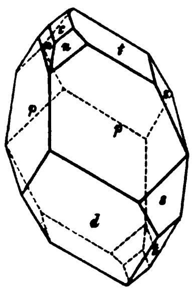



Fig. 850.

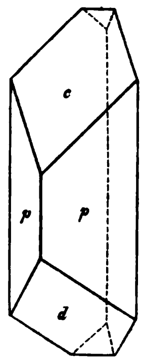
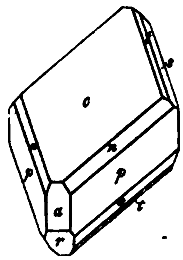



Fig. 851.




Rammelsberg[11]) auch an nach $c\{001\}$ tafeligen Krystallen. Letztere Combination mit der weiteren Form $a\{100\}$, jedoch ohne $d\{10\bar{1}\}$ (Fig. 851) zeigen nach Fresenius[5]) (l. c. 608) häufig Krystalle, welche durch freiwilliges Verdunsten der reinen, wässerigen Lösung entstanden waren; außerdem noch verlängert nach der *b*-Axe waren dieselben bei Entstehung durch Abkühlen der heiß gesättigten Lösung. Dufet[9]) beobachtete einerseits sechsseitige Tafeln nach $c\{001\}$, mit $p\{110\}$, $d\{10\bar{1}\}$, $r\{20\bar{1}\}$, selten mit $t\{11\bar{2}\}$, $s\{11\bar{1}\}$, andrerseits Prismen $p\{110\}$ mit $c\{001\}$, $t\{11\bar{2}\}$, $s\{11\bar{1}\}$, $d\{10\bar{1}\}$ und $r\{20\bar{1}\}$. Zwillingsbildung nach $d\{10\bar{1}\}$ beobachtete Haushofer an prismatischen (Fig. 852), Fresenius (Fig. 853), Rammelsberg und Dufet an tafeligen Krystallen.

Fig. 852.

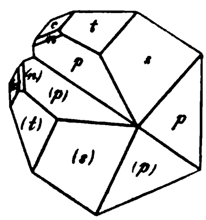
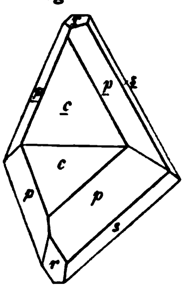



Fig. 853.




11) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-physikal. Chemie, Leipzig 1881, 1, 529.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Haushofer: | Fresenius: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|---|
| $p:p' = (110):(\bar{1}10)$ | = 63°38′ | 63°37′ | 64°17′ | 63°41′ | 63°16′ |
| $d':c = (\bar{1}01):(001)$ | = — | *64 6 | 64 50 | — | 65 0 |
| $r':c = (\bar{2}01):(001)$ | = — | *97 28 | 97 2 ca. | 97 38 | 98 30 |
| $p:c = (110):(001)$ | = 71 36 | 71 37½ | 71 8 | 71 34 | 71 26 |
| $p:d = (110):(10\bar{1})$ | = 76 0 | 76 0 | — | — | — |
| $p:r = (110):(20\bar{1})$ | = 62 17 | — | — | — | 62 42 |
| $n:c = (111):(001)$ | = 48 36 | — | 50 ca. | 48 38 | 48 ca. |
| $s':c = (\bar{1}11):(001)$ | = 77 48 | 77 50 | 77 40 | 77 55 | 78 15 |
| $t':c = (\bar{1}12):(001)$ | = 52 35 | 52 35 | 52 33 | 52 42 | 53 5 |
| $t:t = (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2})$ | = 90 41 | — | 91 11 | — | — |
| $s:d = (11\bar{1}):(10\bar{1})$ | = 61 5 | 61 7 | 61 15 | — | 61 0 |
| $t:d = (11\bar{2}):(10\bar{1})$ | = — | *54 19 | — | — | — |
| $s:r = (11\bar{1}):(20\bar{1})$ | = 66 11 | 66 4 ca. | — | — | 66 42 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen, nach $p\{110\}$ unvollkommen (Fresenius).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Dufet[8]) für *Na*-Licht 35°17′ mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; für grünes Licht ist dieser Winkel um ca. 1° größer. Brechungsindices nach Dufet:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für *Li*: | $\alpha = 1{,}4822$ | $\beta = 1{,}4861$ | $\gamma = 1{,}5006$ | $2V$ beob. = 55°36½′ |
| » *Na*: | 1,4855 | 1,4897 | 1,5041 | 57 20 |
| » *Tl*: | 1,4883 | 1,4927 | 1,5074 | 58 9½ |

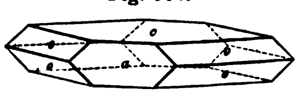
Scheinbarer Axenwinkel, beobachtet von Fresenius: $2E = 87°22'$ (*Li*), 91°22′ (*Na*), 92°53′ (*Tl*).

### Kaliumhypophosphat-Oktohydrat = $P_2O_6K_4 . 8H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0{,}9458:1:1{,}0124 \text{ Haushofer}^{2)}.$$

Fig. 854.



Die von Salzer dargestellten Krystalle zeigen nach Haushofer (l. c. 113) die Formen $c\{001\}$, $o\{111\}$ und $a\{100\}$ und sind entweder tafelig nach $c$ (Fig. 854) oder von bipyramidalem Habitus.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = 69°18′ | 69°10′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ | = — | *73 54 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1})$ | = — | *68 20 |

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$; 1. Mittellinie $c$-Axe, Axenwinkel klein.

### Hydrogentrinatriumhypophosphat-Enneahydrat = $P_2O_6Na_3H . 9H_2O$.

Spec. Gew. 1,743 Dufet[8]).
Monoklin domatisch.

$$a:b:c = 1{,}5521:1:1{,}5096; \quad \beta = 102°2' \text{ Dufet}^{9)}.$$

Haushofer[3]) (l. c. 606) beobachtete an von Salzer dargestellten Krystallen die Formen $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{101\}$, $s\{301\}$, $w\{11\bar{1}\}$, $h\{\bar{1}1\bar{1}\}$, $o\{058\}$, $q\{031\}$,

$p\{03\bar{1}\}$, $f\{\bar{1}01\}$, $d\{\bar{3}01\}$, $e\{\bar{3}02\}$, $r\{10.10.\bar{3}\}$, $v\{33\bar{2}\}$ (Fig. 855 und 856). Die vier letzteren Formen fand Dufet[9]) (l. c. 205) nicht, fügte aber noch $x\{332\}$, $y\{\bar{3}31\}$, $z\{\bar{3}34\}$ und $t\{032\}$ hinzu und schlug für die Formen $o$, $q$ und $v$ die auch hier benutzten Indices vor. Die Krystalle sind nach beiden Beobachtern tafelig nach $c\{001\}$, oft etwas nach der $b$-Axe gestreckt und zeigen häufig domatische Ausbildung, indem ein Teil der Formen nur an einem Ende der $a$-Axe auftritt; nach Haushofer findet sich auch Zwillingsbildung mit der $a$-Axe als Zwillingsaxe.

Fig. 855.

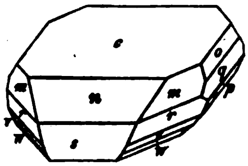
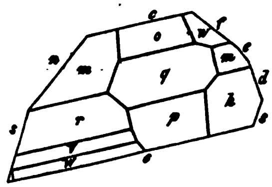


Fig. 856.



| | | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Haushofer: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m$ = | $(110):(1\bar{1}0)$ | = 113° 15′ | 113° 11′ | 113° 24′ |
| $f':c$ = | $(\bar{1}01):(001)$ | = 49 43½ | 49 45 | 50 0 |
| $f:n$ = | $(10\bar{1}):(101)$ | = — | *87 52 | 88 3 |
| $s:c$ = | $(301):(001)$ | = 60 28 | 60 28 | 60 5 |
| $d':c$ = | $(\bar{3}01):(001)$ | = 81 1 | — | 81 18 |
| $e':c$ = | $(\bar{3}02):(001)$ | = 63 43 | — | 64 25 |
| $p:c$ = | $(031):(001)$ | = 77 10 | 77 54 ca. | 77 27 |
| $t:c$ = | $(032):(001)$ | = 65 31 | 65 31 | — |
| $q:c$ = | $(034):(001)$ | = 47 40 | — | 47 53 |
| $o:c$ = | $(058):(001)$ | = 42 28 | — | 42 41 |
| $m:c$ = | $(110):(001)$ | = — | *83 25 | 83 12 |
| $h:c$ = | $(111):(001)$ | = 55 24 | — | 55 25 |
| $w':c$ = | $(\bar{1}11):(001)$ | = — | *65 21 | 67 23 ca. |
| $v':c$ = | $(\bar{3}32):(001)$ | = 75 2 | — | 74 40 |
| $z':c$ = | $(\bar{3}34):(001)$ | = 56 58 | 56 58 | — |
| $r':c$ = | $(\overline{10}.10.3):(001)$ | = 86 45 | — | 86 33 |
| $n:m$ = | $(101):(110)$ | = 64 59 | 65 2 | — |
| $f:m$ = | $(10\bar{1}):(110)$ | = 70 21 | 70 20 | — |
| $s:m$ = | $(301):(110)$ | = 58 21 | 58 19 | — |
| $p:m$ = | $(03\bar{1}):(110)$ | = 37 56 | 37 46 | — |
| $n:x$ = | $(101):(332)$ | = 49 25 | 49 28 | — |
| $n:y$ = | $(101):(33\bar{1})$ | = 74 5 | 74 11 | — |
| $f:w$ = | $(10\bar{1}):(11\bar{1})$ | = 49 49 | 49 48 | — |
| $s:x$ = | $(301):(332)$ | = 50 5 | 50 3 | — |
| $s:y$ = | $(301):(33\bar{1})$ | = 64 22 | 64 18 | — |
| $s:w$ = | $(301):(1\bar{1}\bar{1})$ | = 77 8 | 77 28 ca. | — |
| $w:m'$ = | $(11\bar{1}):(\bar{1}10)$ | = 65 6 | 64 58 | — |
| $y:m$ = | $(33\bar{1}):(110)$ | = 10 56 | 10 58 | — |
| $p:w'$ = | $(03\bar{1}):(\bar{1}11)$ | = 49 24 | 49 15 | — |
| $r:r'$ = | $(10.10.\bar{3}):(\overline{10}.10.3)$ | = 65 52 | — | 65 30 |

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Dufet[8]) (l. c. 106) 10° (*Li*), 11° (*Na*) und 11¾° (*Tl*) mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; Brechungsindices nach Dufet:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (ber. a. $H_a$ u. $\beta$) |
|---|---|---|---|---|
| für *Li*: | $\alpha = 1,4622$ | $\beta = 1,4705$ | $\gamma = 1,4769$ | $2V = 82°\ 2'$ |
| » *Na*: | 1,4653 | 1,4738 | 1,4804 | 82 0 |
| » *Tl*: | 1,4682 | 1,4769 | 1,4836 | 81 56 |

### Trihydrogenpentanatriumdihypophosphat-Ikosihydrat = $(P_2O_6)_2Na_5H_3 \cdot 20H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,3638:1:0,5761$; $\beta = 101^\circ 22'$ Haushofer[12]).

Eine einfache Combination der von Salzer dargestellten Krystalle zeigt nach Haushofer herrschend $c\{001\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{50\bar{1}\}$, $o\{11\bar{1}\}$ (Fig. 857),

Fig. 857.

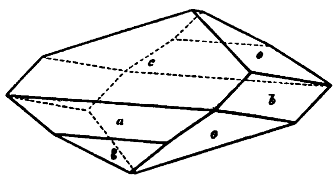
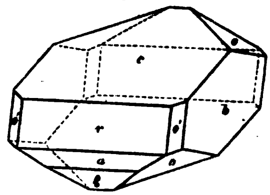



Fig. 858.




wozu bisweilen noch $r\{501\}$, $o'\{551\}$ (Fig. 858) und ganz selten $y\{55\bar{1}\}$ und $z\{55\bar{3}\}$ treten. Das Salz verwittert sehr rasch.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *78° 38′ |
| $c:r = (001):(501) =$ | 55° 38′ | 55 26 |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{5}01) =$ | 74 15 | 74 8 |
| $o:c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *37 23 |
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *58 38 |
| $o':c = (551):(001) =$ | 67 59 | 68 43 |
| $y:c = (\bar{5}51):(001) =$ | 80 32 | 79 42 |
| $z:c = (\bar{5}53):(001) =$ | 53 35 | 53 32 |

Die 1. Mittellinie ist nahezu senkrecht zu $c\{001\}$ und der Winkel der optischen Axen fast Null.

### Natriumhypophosphat-Dekahydrat = $P_2O_6Na_4 \cdot 10H_2O$.

Spec. Gew. 1,823 Dufet[8]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1718:1:1,9077$; $\beta = 100^\circ 16'$ Dufet[9]).

Die von Salzer dargestellten Krystalle sind nach Fresenius[5]) (l. c. 610) Prismen $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, an den Enden mit $m\{110\}$, $q\{011\}$ und $\xi\{11\bar{2}\}$, bezogen auf die von Dufet[9]) (l. c. 204) vorgeschlagene Stellung. Letzterer beobachtete $q$ und $\xi$ nicht, dagegen $x\{112\}$ und mehr untergeordnet $c\{001\}$ und $y\{321\}$. Nach Fresenius finden sich häufig Zwillingslamellen nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Beobachtet: Fresenius: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 100° 36′ | 100° 35′ | 100° 20′ |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *50 12 | — |
| $r:\varrho = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *65 1 | 65 0 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 83 28 | 83 29 | — |
| $r:m = (101):(110) =$ | — | *56 14 | 56 20 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 58 39 | 58 39 | 58 45 |
| $x:c = (112):(001) =$ | 46 47 | 46 47 | — |

12) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1883, 7, 257.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Fresenius: |
|---|---|---|---|
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011)$ | $= 78^\circ 27'$ | — | $78^\circ 37'$ |
| $\varrho:\xi = (10\bar{1}):(11\bar{2})$ | $= 44\ 29$ | — | $44\ 28$ |
| $r:x = (101):(112)$ | $= 37\ 34$ | $37^\circ 34'$ | — |
| $r:y = (101):(321)$ | $= 40\ 45$ | $40\ 47$ | — |
| $\varrho:x = (10\bar{1}):(112)$ | $= 82\ 48$ | $82\ 25$ ca. | — |
| $x:y = (112):(321)$ | $= 27\ 47$ | $27\ 42$ | — |

Spaltbarkeit nach $r\{101\}$ (Dufet), nach $b\{010\}$ (Fresenius).

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie bildet nach Dufet[8]) (l. c. 104) $39\frac{1}{2}^\circ$ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$ (für *Li* und *Tl* nur 16′ verschieden); durch $\{101\}$ und $\{10\bar{1}\}$ je ein Axenbild sichtbar; Brechungsindices nach Dufet für *Na*-Licht: $\alpha = 1{,}4777$, $\beta = 1{,}4822$, $\gamma = 1{,}5036$ und $2V = 48^\circ 14'$ ber., $48^\circ 56'$ beob.; für *Li*: $\beta = 1{,}4789$; $2V = 48^\circ 58'$ beob.; für *Tl*: $\beta = 1{,}4852$; $2V = 48^\circ 43'$ beob.

### Dihydrogenbaryumhypophosphat-Dihydrat = $P_2O_6BaH_2.2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b = 1{,}8476:1$; $\beta = 122^\circ 56'$ Fresenius[5]).

Die von Salzer dargestellten Krystalle sind nach Fresenius[5]) (l. c. 611) Nadeln $c\{001\}$, $a\{100\}$, am Ende mit $m\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | $*114^\circ 22'$ |
| $a:c = (100):(001)$ | = — | $*57\ \ 4$ |
| $m:c = (110):(001)$ | $= 72^\circ 52'$ | $73\ 43$ |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $m\{110\}$ unvollkommen.

Durch $a\{100\}$ das Interferenzbild einer optischen Axe sichtbar.

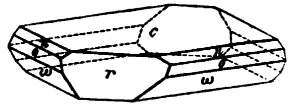
### Dihydrogencalciumhypophosphat-Hexahydrat = $P_2O_6CaH_2.6H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1342:1:2{,}5426$;

$\beta = 94^\circ 31'$ Haushofer[13]).

Fig. 859.



Nach Haushofer sind die von Salzer dargestellten Krystalle Tafeln $c\{001\}$, meist nur mit $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$, seltener noch mit $r\{102\}$ und $n\{113\}$ (Fig. 859).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (102):(001)$ | $= 45^\circ 46'$ | $46^\circ\ 2'$ |
| $o:c = (111):(001)$ | = — | $*70\ 48$ |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001)$ | = — | $*76\ 18$ |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | = — | $*93\ 34$ |
| $n:c = (113):(001)$ | $= 46\ 47$ | $46\ 14$ |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie ist nahezu senkrecht zu $c\{001\}$, durch welche Fläche beide Axenbilder im spitzen Winkel $\beta$ sichtbar sind.

13) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1883, 9, 524.

# Phosphate, Vanadate, Arsenate, Niobate, Antimonate und Tantalate.

## Metaphosphate usw.

Von den metaphosphorsauren Salzen der einwertigen Metalle existieren keine verwendbaren Krystallbestimmungen.

**Natriummetaniobat** $= NbO_3Na$ erhielt Holmquist[1]) aus dem Schmelzflusse in Pseudohexaëdern, aus stark doppeltbrechenden Zwillingslamellen zusammengesetzt; $NbO_3K$ bildet nach Joly[2]) rectanguläre Tafeln; $VO_3NH_4$, $NbO_3Na.3H_2O$ und $TaO_3Na.3H_2O$ wurden in mikroskopischen Krystallen beobachtet, von welchen jedoch keine Messungen vorliegen. **Mercurometarsenat** $= AsO_3Hg$ stellte Goguel[3]) durch Erhitzen von Quecksilber mit einer Arsensäurelösung dar; hexagonale Täfelchen $\{0001\}$ mit den Randflächen $\{10\bar{1}1\}$; $a:c = 1:1,5096$; $(10\bar{1}1):(10\bar{1}\bar{1}) = 59°41'$; Doppelbrechung positiv, stark.

Die Metaniobate und -tantalate des zweiwertigen Eisens und Mangans treten in der Natur, aber nur in isomorphen Mischungen, auf und zwar in zwei Modificationen, tetragonal als Tapiolith $= [(Ta, Nb)O_3]_2(Fe, Mn)$, $a:c = 1:0,6522$ und als Mossit $= [(Nb, Ta)O_3]_2(Fe, Mn)$, $a:c = 1:0,6438$, rhombisch als Tantalit, bzw. Niobit (Columbit) mit den Axenverhältnissen $a:b:c = 0,8304:1:0,8732$ für die tantalreichere und $a:b:c = 0,8285:1:0,8898$ für die niobreichere Mischung. Die reinen Salze stellte Joly[2]) dar und teilt auch einige Messungen mit, welche sich wahrscheinlich auf $NbO_3Mn$ beziehen und z. Teil mit denen des Niobits übereinstimmen.

Durch Lösen von $Al_2O_3$ in geschmolzener Metaphosphorsäure erhielten Hautefeuille und Margottet[4]) **Aluminiummetaphosphat** $= (PO_3)_3Al$ in einfach brechenden Krystallen der Combination $\{100\}$, $\{111\}$, $\{221\}$; die ebenso dargestellten Verbindungen $(PO_3)_3Cr$ und $(PO_3)_3Fe$ bilden rhombische Krystalle, z. Teil Zwillinge; letztere entstehen auch bei der Krystallisation von Mischungen mit dem Aluminiumsalze; bei Zusatz von Silberphosphat bilden sich Doppelsalze, welche als basische Salze aufgefaßt werden können, nämlich $(PO_3)_8Al(AlO)_3Ag_2$ rhombisch, $(PO_3)_{10}Cr(CrO)_3Ag_4$ monokline Zwillinge, und $(PO_3)_{10}Fe(FeO)_3Ag_4$ rhombisch. Messungen werden nicht angegeben.

Die Ammoniakverbindung **Hexaminkobaltichlorometaphosphat-Hydrat** (Luteokobaltchloridmetaphosphat) $= (PO_3)_2ClCo.6NH_3.(?)H_2O$ krystallisiert rhombisch.

---

1) Holmquist, Synth. Stud. ü. d. Perowskit- u. Pyrochlormineralien, Diss. Upsala 1897. Bull. geol. Inst. Upsala 1896, **3**, Nr. 5. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 306.

2) Joly, Annuaire scient. d. l'écol. norm. sup. Paris 1877, **6**, 164.

3) Goguel, Contr. à l'ét. d. arsén. et antim. Bordeaux 1894, 86. Ausz. Ztschr. f. Kryst. **30**, 206.

4) Hautefeuille u. Margottet, Compt. rend. 1883, **96**, 849, 1142. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 410, 426.

**Uranometaphosphat** $= (PO_3)_4U$ erhielt Colani[5]) durch Erhitzen von Uranylnitrat mit überschüssiger Metaphosphorsäure in nach Schulten rhombischen Krystallen, dünnen Tafeln nach {001} mit den Randflächen {100} und {010}, deren Ebene der optischen Axen senkrecht zu {001}, und dem spec. Gew. = 3,9. Versuche mit Schmelzen, welche neben Uran Thorium in wechselnden Mengen enthielten, lieferten homogene Krystallisationen, so daß auch hier Isomorphie dieser beiden Elemente, wie bei den Sulfaten (s. S. 474) anzunehmen ist.

Über einige Salze der Trimetaphosphimsäure wurden von Stokes[6]) approximative Angaben nach mikroskopischen Beobachtungen mitgeteilt.

### Hexammin-Kobaltichlorometaphosphat-Hydrat
(Luteokobaltchloridmetaphosphat) $= (PO_3)_2ClCo . 6NH_3 . x(?) H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,9965:1:1,0581$ Strüver[7]).

Dargestellt von Braun[7]). Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $s\{201\}$, $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *89° 48′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *46 37 |
| $s:c = (201):(001) =$ | 64° 47′ | 64 36 |

## Pyrophosphate, -vanadate usw.

Von wasserfreien Salzen einwertiger Metalle ist nur eines gemessen worden, das monokline **Thallopyrophosphat** $= P_2O_7Tl_4$; vielleicht ist damit isomorph das entsprechende Vanadat, welches bei mikrochemischer Reaction in Täfelchen mit einem spitzen Winkel von 68° (beim Phosphat ist der Kantenwinkel auf (001) = 70°) erscheint.

**Thallopyrophosphat-Dihydrat** $= P_2O_7Tl_4 . 2H_2O$ krystallisiert monoklin. Einen höheren Wassergehalt besitzen die hierher gehörigen krystallisierten Salze des Natriums. Von diesen zeigt das monokline **Dihydrogennatrium-pyrophosphat**-(Dinatriumpyrophosphat)-**Hexahydrat** $= P_2O_7Na_2H_2 . 6H_2O$ eine auffallende Übereinstimmung der Krystallform mit dem Hypophosphate $P_2O_6Na_2H_2 . 6H_2O$ (s. S. 780). Ganz verschieden davon, nämlich tetragonal, krystallisiert das **Dihydrogennatriumpyroantimonat**-(Dinatriumpyroantimonat)-**Hexahydrat** $= Sb_2O_7Na_2H_2 . 6H_2O$. Denselben Wassergehalt gibt Rammelsberg auch für ein neutrales Salz an, für das monokline **Natrium-ammoniumpyrophosphat-Hexahydrat** $= P_2O_7(NH_4)_2Na_2 . 6H_2O$; die von ihm beschriebene Krystallform ist aber so ähnlich derjenigen von **Natrium-pyrophosphat-Dekahydrat** $= P_2O_7Na_4 . 10H_2O$ (nur sind die Axen $a$ und $c$ vertauscht), daß es als wahrscheinlich angenommen werden muß, er habe ein mit letzterem isomorphes Dekahydrat $P_2O_7(NH_4)_2Na_2 . 10H_2O$ in Händen

5) Colani (Krystallbest. v. A. de Schulten), Ann. chim. phys. 1907, (8) **12**, 102.
6) Stokes, Amer. Chem. Journ. 1896, **18**, 640.
7) Braun (Krystallbest. v. Strüver), Ann. d. Chemie 1862, **125**, 189.

gehabt (eine Analyse gibt er nicht an). Was das Natriumsalz betrifft, so zeigt es ebenso, wie das saure Hexahydrat, ein bemerkenswerte Ähnlichkeit der Krystallform mit dem entsprechenden Hypophosphate (S. 784). Das entsprechende Vanadat krystallisiert mit noch höherem Wassergehalte als **Natriumpyrovanadat-Oktokaidekahydrat** = $V_2O_7Na_4 . 18H_2O$ hexagonal.

Wasserfreie Pyrophosphate zweiwertiger Metalle sind krystallographisch nicht untersucht worden. Als **Dihydrogendihydroxynickelpyroarsenit** = $As_2O_7(Ni.OH)_2H_2$ beschrieb Goguel[1]) Krystalle, welche er durch Einwirkung von Arsensäure auf in Wasser gelöstes Nickelacetat bei 180° erhalten hatte; monokline Täfelchen {010}, begrenzt von {001} und {110}; $\beta = 45\frac{1}{2}°$; 1. Mittellinie der optischen Axen senkrecht zu {010}, 2. Mittellinie (c) bildet 28° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$. Das in regulären Oktaëdern krystallisierende Mineral Atopit ist vorwiegend Calciumpyroantimonat = $Sb_2O_7Ca_2$, in welchem aber neben andern zweiwertigen Metallen in nicht unbeträchtlicher Menge Natrium enthalten ist, vielleicht also ein Doppelsalz. Der ebenfalls oktaëdrische Mikrolith ist wesentlich das entsprechende Tantalat $Ta_2O_7Ca_2$, aber mit Niobsäure und mit andern zweiwertigen Metallen. **Magnesiumpyroniobat** = $Nb_2O_7Mg_2$ stellte Joly[2]) in stahlgrauen Prismen {110} mit {100} und {101} dar: (110):(1$\bar{1}$0) = 51°46′, (101):(100) = 69°40′; für **Calciumpyroniobat**, erhalten durch Schmelzen von Niobsäure mit Chlorcalcium, gab er einen Prismenwinkel von 82° ({120}?) und (101):(100) = 68° an, während Holmquist[3]) ebenso, aber mit Zusatz von $NaF$, rhombische Prismen von 48° ohne Endflächen und tafelig nach {010} erhielt, deren spec. Gew. 4,484; Doppelbrechung negativ, schwach; Axenebene {100}, 1. Mittellinie senkrecht zu {010}, Axenwinkel groß, Dispersion stark, $\varrho < v$. Durch Schmelzen von Tantalsäure mit Chlorcalcium stellte Joly **Calciumpyrotantalat** = $Ta_2O_7Ca_2$ dar in rhombischen Prismen {110} von 51°20′ mit {100} und {101}; (101):(100) = 25°40′; Holmquist erhielt nach derselben Methode ein krystallinisches Pulver, bestehend aus Nadeln und zum größeren Teile aus anomal doppeltbrechenden Kubooktaëdern (Mikrolith?), durch Schmelzen von $Nb_2O_5$, $CaO$ und $NaF$ reguläre Oktaëder von der Zusammensetzung $Nb_2O_6FCaNa$. Ähnlich zusammengesetzt, aber noch cerhaltig, ist ein ebenfalls kubisch krystallisiertes Pyroniobat, das Mineral Koppit.

Das **Dihydrogenmagnesiumpyroantimonat-Enneahydrat** = $Sb_2O_7MgH_2 . 9H_2O$ erhielt Haushofer[4]) in mikroskopischen Krystallen von zweierlei Formen, hexagonalen Combinationen von {0001} mit {10$\bar{1}$0} und anderen, wahrscheinlich monoklinen Krystallen.

---

1) Goguel, Contrib. à l'ét. d. arsén. et antim. Bordeaux 1894, 43. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 30, 207.

2) Joly, Ann. scient. d. l'écol. norm. sup. Paris 1877, 6, 164.

3) Holmquist, Synthet. Stud. üb. d. Perowskit- u. Pyrochlormineralien. Dissert. Upsala 1897. Bull. geol. Inst. Upsala 1896, 3, Nr. 5. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 31, 306.

4) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1880, 4, 52.

Die rhombisch krystallisierten Mineralien Yttroïlmenit (Samarskit) und Yttrotantalit sind der Hauptsache nach $(Nb_2O_7)_3Y_4$ (welche Verbindung von Joly[2]) in nicht meßbaren Prismen dargestellt wurde) bzw. $(Ta_2O_7)_3Y_4$, enthalten aber außerdem Eisen, Calcium und Uran. Zu den pyrophosphorsauren Salzen mit dreiwertigen Metallen gehört das pseudotrigonale Mineral Hamlinit (Bowmanit), **Hydroxystrontiumaluminiumpyrophosphat** $= P_2O_7(Al.2OH)_3Sr.OH$; die entsprechende Bleiverbindung ist wahrscheinlich der ebenfalls optisch positiv einaxige Plumbogummit, und der in Krystallform, Spaltbarkeit und Sinn der Doppelbrechung mit dem Hamlinit auffallend übereinstimmende Florencit kann ebenfalls, unter Annahme der Vierwertigkeit des darin enthaltenen Cers, als ein ähnlich zusammengesetztes Pyrophosphat $P_2O_7(Al.2OH)_3Ce.3OH$ betrachtet werden.

**Uranopyrophosphat** $= P_2O_7U$ erhielt Colani in nach Schulten[5]) kubiscken Krystallen {100}, {111}, welche zuweilen schwache Doppelbrechung zeigten, durch Einwirkung von Phosphoroxychlorid auf Uranoxyd oder Uraniphosphat beim Erhitzen in einem Kohlensäurestrome.

### Thallopyrophosphat = $P_2O_7Tl_4$.

Spec. Gew. 6,786 Lamy[6]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,4274:1:1,2921$; $\beta = 114°0'$ Des Cloizeaux[6]).

Die von Lamy dargestellten Krystalle sind Prismen $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, an den Enden $o\{111\}$ oder $c\{001\}$ oder beide, ferner auch $\omega\{11\bar{1}\}$, $x\{112\}$ und $\xi\{11\bar{2}\}$; häufig Zwillinge nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *105° 2' |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *66 0 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *74 31 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 48° 41' | 48 40 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 46 30 | 46 36 |
| $o:m = (111):(110) =$ | 29 10 | 29 20 |
| $x:c = (112):(001) =$ | 31 38 | 31 50 |
| $o:\omega' = (111):(\bar{1}11) =$ | 59 48 | 59 40 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 97 14 | 97 14 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 66 21 | 66 29 |
| $\xi':c = (\bar{1}12):(001) =$ | 41 56½ | 41 3 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$ und nahe parallel $c\{001\}$; die 1. Mittellinie bildet für Rot 111° 1½', für Gelb 110° 57', für Blau 110° 44' mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; $2E = 125°48'$ rot, 112° 30' gelb, 89° 47' grün, 52° 34' blau.

### Thallopyrophosphat-Dihydrat = $P_2O_7Tl_4.2H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,1022:1:1,9217$; $\beta = 114°57'$ Des Cloizeaux[6]).

5) Colani (Krystallbest. v. A. de Schulten), Ann. chim. phys. 1907, (8) **12**, 120.

6) Lamy u. Des Cloizeaux, Ann. chim. phys. 1869, (4) **17**, 325.

Das von Lamy aus den Mutterlaugen des vorigen durch langsame Verdunstung erhaltene Salz bildet nach Des Cloizeaux (l. c. 328) Tafeln nach $c\{001\}$ mit den Randflächen $m\{110\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, untergeordnet $a\{100\}$ oder $l\{210\}$, zuweilen auch $k\{012\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *124° 38′ |
| $l:l = (210):(2\bar{1}0) =$ | 87° 14′ | 87 12 |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *78 42 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *72 20 |
| $l:c = (210):(001) =$ | 72 13 | 72 20 |
| $k:c = (012):(001) =$ | 41 4 | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 118 44 | 119 12 ca. |
| $k:m = (012):(110) =$ | 43 10 | 44 0 |
| $k:\omega' = (012):(\bar{1}11) =$ | 37 26 | 36 27 ca. |

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; 1. Mittellinie (sehr wenig dispergiert) bildet $72\frac{2}{3}°$ mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; $2E =$ 102° 38′ rot, 107° 2′ blau.

### Dihydrogennatriumpyrophosphat (Dinatriumpyrophosphat)-Hexahydrat = $P_2O_7Na_2H_2 \cdot 6H_2O$.

Spec. Gew. 1,862 Dufet[7]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 2{,}0260:1:2{,}0492;\quad \beta = 123°19' \text{ Dufet}^{8)}.$$

Das Salz wurde zuerst dargestellt von Rammelsberg[9]) durch Zusatz von Essigsäure zur warmen Lösung des normalen Salzes; beim Abkühlen der Lösung bildeten sich gut ausgebildete, wenn auch bald verwitternde Krystalle, welche Rammelsberg für rhombisch hielt und zwar für Combinationen von $c\{001\}$ mit einer Bipyramide $\{111\}$, dem Prisma $\{011\}$, untergeordnet $\{113\}$ und $\{010\}$; Dufet[8]), welcher teils von ihm selbst, teils von Joly dargestellte Krystalle untersuchte, beobachtete ebenfalls $c\{001\}$ vorherrschend und als Randflächen der sechsseitigen Tafeln: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $o\{111\}$ (oft unvollständig ausgebildet), $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$; aus einer Essigsäure enthaltenden Lösung bildeten sich Krystalle, an welchen $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $\sigma\{20\bar{1}\}$ auf Kosten von $a\{100\}$ größer ausgebildet erschienen und außerdem $\xi\{11\bar{2}\}$ ziemlich groß auftrat. Die Formen $m$ und $\omega$ bilden Rammelsbergs $\{111\}$; $o$ und $\xi$ sein $\{113\}$, endlich $a$ und $\varrho$ sein $\{011\}$ und $\sigma$ sein $\{010\}$; seine Winkelangaben entsprechen den Mittelwerten der um einige Grade abweichenden Winkel der einzelnen, von ihm als zusammengehörig betrachteten Formen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Beobachtet: Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:m' = (110):(\bar{1}10) =$ | 61° 8′ | 61° 13′ | 60° 19′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *62 16 | 58 35 |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 93 46 | 93 46 | 90 0 |
| $\sigma:\varrho = (20\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | — | *31 30 | 32 30 |
| $a:c = (100):(001) =$ | 56 41 | 56 43 | 58 35 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 73 46 | 73 44 | 75 0 |

7) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 102. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 616.

8) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1886, **9**, 203. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 275.

9) Rammelsberg, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1882, 21. Ann. d. Phys. 1883, **20**, 340. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 288.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $\xi' : c = (\bar{1}12) : (001)$ | $= 52^\circ 54'$ | — | $51^\circ 25'$ |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001)$ | $=$ — | $^*76^\circ 54'$ | 75 0 |
| $o : c = (111) : (001)$ | $= 50\ 50$ | 50 45 | 51 25 |
| $\omega : \varrho = (11\bar{1}) : (10\bar{1})$ | $= 60\ 51$ | 60 52 | 60 19 |
| $\omega : \sigma = (11\bar{1}) : (20\bar{1})$ | $= 65\ 28$ | 65 32 | 64 45 |
| $\sigma : m = (20\bar{1}) : (110)$ | $= 63\ 44$ | 63 39 | 64 45 |
| $o : \omega' = (111) : (\bar{1}11)$ | $= 52\ 57$ | 52 39 ca. | 50 30 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen (Rammelsberg).

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie (mit sehr geringer Dispersion) bildet $42\frac{1}{2}^\circ$ mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; Brechungsindices:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ | $2E$ |
|---|---|---|---|---|---|
| für $Li$: | 1,4573 | 1,4616 | 1,4617 | $15^\circ 13'$ | $22^\circ 19'$ |
| » $Na$: | 1,4599 | 1,4645 | 1,4649 | 31 56 | 47 31 |
| » $Tl$: | 1,4623 | 1,4672 | 1,4677 | 36 10 | 54 11 |
| f. Linie $g$ ca. | — | — | — | 43 55 | 67 0 |

Dufet[7]), von welchem alle vorstehenden optischen Daten stammen, fand für die Änderung des Axenwinkels mit der Temperatur:

| | $2E$ | $2V$ |
|---|---|---|
| $20^\circ$ C.: | $47^\circ 31'$ | $31^\circ 56'$ |
| 25 | 45 46 | 30 48 |
| 30 | 43 57 | 29 36 |

**Dihydrogennatriumpyroantimonat-(Dinatriumpyroantimonat-)Hexahydrat = $Sb_2O_7Na_2H_2 \cdot 6H_2O$.**

Tetragonal. $a : c = 1 : 1,0079$ Haushofer[4]).

Das schwer lösliche Salz scheidet sich aus der Lösung eines Natriumsalzes bei Zusatz von pyroantimonsaurem Kalium aus; durch langsame Diffusion gelang es Haushofer, meßbare Krystalle zu erhalten in Form der oktaëderähnlichen Bipyramide $o\{111\}$; diese ist auch die häufigste Form der mikroskopischen Krystalle, welche außerdem noch $c\{001\}$, $a\{100\}$, seltener $m\{110\}$ und $x\{221\}$ zeigen und häufig Zwillinge bilden (Haushofer l. c. 49).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : o_, = (111) : (11\bar{1})$ | $=$ — | $^*70^\circ\ 1'$ |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1)$ | $= 70^\circ 48'$ | 70 48 |
| $x : x_, = (221) : (22\bar{1})$ | $= 38\ 40$ | 38 30 ca. |

**Natriumammoniumpyrophosphat-Deka(?)hydrat = $P_2O_7(NH_4)_2Na_2 \cdot 10H_2O$(?).**

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,8606 : 1 : 1,2635$; $\beta = 98^\circ 9'$ Rammelsberg[9]).

Die zuerst von Schwarzenberg durch Neutralisieren des sauren Natriumsalzes mit Ammoniak dargestellte Verbindung bildet nach Rammelsberg (l. c. 24) Prismen $m\{110\}$ mit $a\{100\}$ und den Endflächen $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ welche an der Luft allmählich verwittern.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m' = (110) : (1\bar{1}0)$ | $=$ — | $^*57^\circ\ 0'$ |
| $r : a = (101) : (100)$ | $=$ — | $^*61\ 30$ |
| $\varrho' : r = (\bar{1}01) : (101)$ | $=$ — | $^*68\ 10$ |
| $r : m = (101) : (110)$ | $= 72^\circ 16'$ | 72 20 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110)$ | $= 76\ 50$ | 76 0 ca. |

### Natriumpyrophosphat-Dekahydrat = $P_2O_7Na_4 . 10H_2O$.

Spec. Gew. 1,815 Dufet[7]).

Monoklin prismatisch (domatisch?).

$$a : b : c = 1,2873 : 1 : 1,8951; \quad \beta = 98^\circ 16' \text{ Dufet}^{8)}.$$

Das von Haidinger[10]), Handl[11]), Scacchi[12]) und Dufet (l. c. 201) untersuchte Salz zeigt gewöhnlich die Formen $q\{011\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, seltener $\xi\{12\bar{1}\}$, $y\{123\}$, $\zeta\{12\bar{5}\}$; die Krystalle sind entweder kurzprismatisch nach $q$ oder zeigen $q$, $r$ und $\varrho$ gleich groß, oder sie sind durch Vorherrschen von $r$ und $\varrho$ nach der $b$-Axe verlängert. Scacchi beobachtete an den durch langsame Verdunstung erhaltenen Krystallen $q$ nur an der linken Seite.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Handl: | Haidinger: | Scacchi: |
|---|---|---|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | 103° 44′ | 103° 46′ | 103° 45′ | — | — |
| $r' : c = (101) : (001) =$ | — | *50 15 | 50 12 | — | 112° 20′ (für $r'$ und $\varrho'$) |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | — | *61 35 | 61 32 | 61° 38′ | |
| $q : q_{,} = (011) : (01\bar{1}) =$ | — | *56 8 | — | — | — |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 58 14 | 58 15 | 58 14 | — | 58 29 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 49 17 | 49 16 | 49 24 | — | — |
| $r : q = (101) : (011) =$ | 72 29 | 72 28 | 72 26 | — | — |
| $y : r = (123) : (101) =$ | 51 56 | 51 58 | — | — | — |
| $\xi' : q = (\bar{1}21) : (011) =$ | 26 9 | 26 9 | — | — | — |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | 60 19 | 60 18 | 60 18 | 60 16 | 60 33 |
| $m : q = (110) : (011) =$ | 42 37 | 42 36 | 42 35 | — | — |
| $\varrho : q = (10\bar{1}) : (011) =$ | 102 56 | 102 57 | 102 55 | — | — |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 84 54 | 84 53 | 84 54 | — | — |
| $y : c = (123) : (001) =$ | 51 24 | 51 13 | — | — | — |
| $\xi' : m = (\bar{1}21) : (110) =$ | 58 42 | 58 47 | — | — | — |
| $\zeta' : q = (\bar{1}25) : (011) =$ | 27 12 | 27 12 | — | — | — |
| $\zeta : \varrho = (12\bar{5}) : (10\bar{1}) =$ | 55 18 | 55 17 | — | — | — |
| $\zeta' : c = (\bar{1}25) : (001) =$ | 40 3 | 40 2 | — | — | — |

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; 1. Mittellinie nahe genau senkrecht zu $r\{101\}$ mit schwacher Dispersion; Brechungsindices nach Dufet[7]) (l. c. 100).

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| für $Li$: | 1,4470 | 1,4496 | 1,4575 |
| » $Na$: | 1,4499 | 1,4525 | 1,4604 |
| » $Tl$: | 1,4526 | 1,5551 | 1,4629 |

für $Na$ bei 20° C.: $2V = 60^\circ 29'$, $2E = 94^\circ 3'$, bei 30°: $2V = 58^\circ 31'$, $2E = 90^\circ 26'$.

### Natriumpyrovanadat-Oktokaidekahydrat = $V_2O_7Na_4 . 18H_2O$.

Hexagonal. $\quad a : c = 1 : 0,962$ Rammelsberg[9]).

Dünne Tafeln nach $c\{0001\}$ mit den Randflächen $o\{10\bar{1}1\}$, $p\{20\bar{2}1\}$, $m\{10\bar{1}0\}$. Die Krystalle verwittern leicht und sind daher nicht genau meßbar (Rammelsberg l. c. 11).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : c = (10\bar{1}1) : (0001) =$ | — | *48° 0′ |
| $p : c = (20\bar{2}1) : (0001) =$ | 65° 46′ | 56½ ca. |

10) Haidinger, Edinb. Philos. Journ. 7, 314. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1829, 16, 510.

11) Handl, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1858, 32, 250.

12) A. Scacchi, Nuovo Cimento 1855, 1, 178. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1860, 109, 371.

**Hydroxystrontiumaluminiumpyrophosphat** (Hamlinit, Bowmanit) = $P_2O_7(Al.2OH)_2SrOH$.

Spec. Gew. 3,2—3,3 (nat. Kryst.).

Pseudotrigonal. $\alpha = 91^\circ 15'$ ($a : c = 1 : 1,1847$ Solly (nat. Kryst.)).

Das Mineral zeigt die trigonalen Formen {111}, {100} und {1$\bar{1}$1}.

Spaltbarkeit nach {111} vollkommen.

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark; die nach {111} tafelförmigen Krystalle sind nur stellenweise einaxig, im allgemeinen aus sechs, optisch zweiaxigen (Axenwinkel $2E$ bis 50°) Sectoren zusammengesetzt.

## Wasserfreie Orthophosphate usw. einwertiger Metalle und deren Halogenverbindungen.

Von der Orthophosphorsäure bzw. Orthoarsensäure leiten sich durch Ersetzung eines Wasserstoffatomes durch Kalium die beiden tetragonal krystallisierenden Salze ab, deren Untersuchung Mitscherlich zur Entdeckung der Isomorphie führte, **Dihydrogenkaliumorthophosphat** (Monokaliumphosphat) = $PO_4KH_2$ und **Dihydrogenkaliumorthoarsenat** (Monokaliumarsenat) = $AsO_4KH_2$, denen sich als weitere isomorphe Glieder dieser Gruppe anschließen: **Dihydrogenammoniumorthophosphat** (Monoammoniumphosphat) = $PO_4(NH_4)H_2$ und **Dihydrogenammonium-orthoarsenat** (Monoammoniumarsenat) = $AsO_4(NH_4)H_2$. Da die beiden Kaliumsalze fast genau gleiche, die beiden Ammoniumsalze einander zwar sehr ähnliche, von denen der Kaliumverbindungen aber stark abweichende Winkel zeigen, so muß die Ersetzung des Kaliums durch Ammonium einen wesentlich anderen Einfluß auf die Krystallstructur ausüben, als diejenige des Phosphors durch Arsen. Unter der wahrscheinlichen Annahme eines tetragonal-pyramidalen Raumgitters für die Structur dieser Salze berechnete Muthmann[1]) die topischen Parameter derselben:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $PO_4KH_2$: | $\varphi = 3,142$ | $\omega = 2,950$ | $PO_4(NH_4)H_2$: | $\varphi = 3,170$ | $\omega = 3,193$ |
| $AsO_4KH_2$: | 3,223 | 3,024 | $AsO_4(NH_4)H_2$: | 3,249 | 3,261 |

Eine Ersetzung des Phosphors durch Arsen bringt also in beiden Reihen eine nach den verschiedenen Richtungen nahezu gleichmäßige Änderung der Structurdimensionen hervor, während die Ersetzung des Kaliums durch Ammonium eine weit stärkere Zunahme der Abstände in der Richtung der Hauptaxe, als senkrecht dazu, hervorbringt; dies deutet darauf hin, daß die Kaliumatome bzw. $NH_4$-Gruppe in der Richtung der Hauptaxe zwischen den Phosphor- bzw. Arsenatomen angeordnet sind. Isomorphe Mischungen von $PO_4KH_2$ und $PO_4(NH_4)H_2$ stellten Retgers[2]) und Krickmeyer[3]) dar und schlossen aus ihren Versuchen, daß eine continuierliche Mischungs-

1) Muthmann, Zeitschr. f. Krystall. 1894, **22**, 523.

2) Retgers, Zeitschr. f. phys. Chemie 1889, **3**, 554. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **19**, 625.

3) Krickmeyer, Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, **21**, 74. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **30**, 636.

reihe dieser Salze nicht existiere; Goßner[4]) wies jedoch nach, daß, entsprechend der Ähnlichkeit der Äquivalentvolumina (63,8 und 58,1), eine Mischung in allen Verhältnissen stattfinde, daß aber gut ausgebildete Mischkrystalle sich bei mittleren Verhältnissen schwieriger bilden, ein Umstand, der wahrscheinlich mit der relativ großen Differenz der Winkel der Krystalle zusammenhängt. Auch bei den Mischungen von $PO_4KH_2$ und $AsO_4KH_2$ fand Goßner, daß die Mischungen, in welchen eines der Salze stark vorherrscht, besser krystallisieren. Nach Analogie anderer Salze wäre auch für das analoge Thallosalz Isomorphie mit dem Monokalium bzw. Monoammoniumphosphate zu erwarten, und in der Tat hat Rammelsberg[5]) Mischkrystalle von $PO_4(NH_4)H_2$ und $PO_4TlH_2$ in den Verhältnissen 10 : 1 und 2 : 1 dargestellt, welche dieselben Formen zeigten, wie das Ammoniumsalz (auch eine von Lamy dargestellte und von Des Cloizeaux gemessene Mischung gehört wahrscheinlich hierher); für sich krystallisiert jedoch das **Dihydrogenthalloorthophosphat** (Monothallophosphat) $= PO_4TlH_2$ monoklin, daher für dieses Salz wohl Dimorphie anzunehmen ist. **Dihydrogensilberorthoarsenat** (Monosilberarsenat) $= AsO_4AgH_2$ zeigt eine ebenfalls monokline Krystallform, welche aber außer der Ähnlichkeit des Winkels $\beta$ keine Beziehungen zu dem Thallosalze erkennen läßt.

**Pentahydrogentetrathallotriorthophosphat** $= (PO_4)_3Tl_4H_5$ stellte Rammelsberg (l. c. 286) in rhombischen Krystallen dar und erkannte deren Identität mit denen eines Salzes, welchem Lamy, nur auf Grund einer Bestimmung des Glühverlustes, die Formel $PO_4Tl_2H.\frac{1}{2}H_2O$ zugeschrieben hatte.

Dikaliumphosphat $PO_4K_2H$ ist nicht deutlich krystallisiert zu erhalten, und das Gleiche wird in der chemischen Literatur von dem entsprechenden Arsenate angegeben; Rammelsberg hat jedoch monokline Krystalle (ohne Angabe der Darstellung und Analyse) von **Hydrogendikaliumorthoarsenat** (Dikaliumarsenat) $= AsO_4K_2H$ beschrieben, welche so vollkommen mit denen der beiden folgenden Salze übereinstimmen, daß an der Richtigkeit der Formel nicht zu zweifeln ist. Dieselben Krystallformen besitzen nämlich die beiden isomorphen Salze **Hydrogendiammoniumorthophosphat** (Diammoniumphosphat) und **-orthoarsenat** (Diammoniumarsenat) $= PO_4(NH_4)_2H$ und $AsO_4(NH_4)_2H$, an welchen Mitscherlich zuerst erkannte, daß die Winkel isomorpher Körper zwar sehr ähnlich, aber nicht genau gleich groß sind. **Hydrogendisilberorthophosphat** (Disilberphosphat) $= PO_4Ag_2H$ krystallisiert trigonal, und das entsprechende Arsenat zeigt mikroskopisch dieselben Formen und bildet mit dem Phosphate isomorphe Mischungen.

Die normalen orthophosphorsauren und die analogen Salze der Alkalien sind noch nicht in meßbaren Krystallen dargestellt worden. **Silberortho-**

---

4) Goßner, Zeitschr. f. Krystall. 1908, **44**, 484.
5) Rammelsberg, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1882, 287.

**phosphat** = $PO_4Ag_3$ bildet nach Dufet[6]) einfach brechende, honiggelbe Krystalle der Combination {100}, {211}, **Silberorthoarsenat** = $AsO_4Ag_3$ schwarze, sehr glänzende Hexaëder; das letztere Salz erhielt Goguel[7]) in rubinroten, einfach brechenden Rhombendodekaëdern, welche zuweilen nach einer trigonalen Axe prismatisch erschienen. Derselbe (l. c. 39) gibt ferner an, daß **Mercuroorthoarsenat** = $AsO_4Hg_3$ mikroskopische rhombische Tafeln {001}, begrenzt von {011} und {110), bilde; (110):(1$\bar{1}$0) = 62°; Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene (100), $c$ 1. Mittellinie, Axenwinkel klein mit sehr großer Dispersion; Pleochroïsmus: $\mathfrak{a}$ hellbraun, $\mathfrak{b}$ braun, $\mathfrak{c}$ bräunlichgrün.

Von Halogenverbindungen, welche sich von der Orthophosphorsäure ableiten, ist nur eine gemessen worden: **Kaliumfluorophosphat** = $P(OH)_3FOK$, welches monoklin krystallisiert; das analoge Rubidiumsalz $P(OH)_3FORb$ zeigt die gleichen Formen und optischen Eigenschaften. Außerdem gibt Joly[8]) an, die Salze $NbOF_6K_3$, $TaOF_6K_3$, $NbOF_6(NH_4)_3$ und $TaOF_6(NH_4)_3$ in kubischen Krystallen erhalten zu haben.

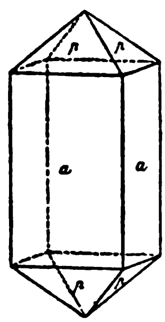
### Dihydrogenkaliumorthophosphat (Monokaliumphosphat) = $PO_4KH_2$.

Spec. Gew. 2,340 Goßner[4]), 2,332 Muthmann[1]), 2,338 Krickmeyer[3]).
Tetragonal skalenoëdrisch.

$a : c = 1 : 0,9391$ Mitscherlich[9]).

Das Salz zeigt nur die Formen $a\{100\}$ und $p\{101\}$ (Fig. 860); bei langsamer Verdunstung kalter Lösungen entstehen kurzprismatische Krystalle, beim Abkühlen heißer Lösung herrscht $a\{100\}$ vor bis zur Bildung nadelförmiger Prismen. Wird der Lösung ein großer Überschuß von Phosphorsäure hinzugefügt, so werden die Prismenflächen der sich absetzenden Krystalle gekrümmt (Mitscherlich).

Fig. 860.




| | Berechnet: | Beobachtet: Mitscherlich: | Brooke[10]): |
|---|---|---|---|
| $p:p = (101):(011) =$ | 57° 54′ | — | 57° 58′ |
| $p:p_{,} = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *93° 36′ | 93 30 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Die Ätzfiguren zeigen nach Baumhauer[11]) nur nach den beiden Ebenen von {110} Symmetrie, es sind Rhomboïde auf $a\{100\}$, unsymmetrische Dreiecke auf $p\{101\}$.

6) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1886, 9, 274. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 13, 644.
7) Goguel, Contrib. à l'ét. d. arsén. et antimon. Bordeaux 1894, 82. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 30, 206.
8) Joly, Ann. scient. d. l'éc. norm. sup. Par. 1877, 6, 164.
9) Mitscherlich, Handl. Akad. Stockholm 1821, 4 f. Ann. chim. phys. 1821, 19, 350 f. M. Ges. Schriften, Berlin 1896, 133. Ostwalds Klassiker d. exact. Wissensch. Leipzig 1898, Nr. 94.
10) Brooke, Annals of Philos. 1824, 23, 540.
11) Baumhauer, Die Resultate der Ätzmethode. Leipzig 1894, 43.

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[12]):

| | | |
|---|---|---|
| für Linie $C$: | $\omega = 1{,}5064$ | $\varepsilon = 1{,}4664$ |
| » » $D$: | $1{,}5095$ | $1{,}4684$ |
| » » $F$: | $1{,}5154$ | $1{,}4734$ |

Wärmeleitungsfähigkeit auf $a\{100\}$ nach Lang[13]) parallel der Hauptaxe = 0,83, wenn die parallel der $a$-Axe = 1.

Diamagnetisch und ebenfalls negativ; Induction $a:c = 1:0{,}664$ nach Lang[14]).

**Dihydrogenkaliumorthoarsenat** (Monokaliumarsenat) = $AsO_4KH_2$.

Spec. Gew. 2,879 Goßner[4]), 2,868 Muthmann[1]), 2,862 Topsøe[15]).
Tetragonal skalenoëdrisch.

$$a:c = 1:0{,}9380 \text{ Topsøe}^{15)}.$$

Krystallformen gleich dem Phosphate; Topsøe beobachtete einmal außer $p\{101\}$ und $a\{100\}$ unvollkommene Flächen von $t\{501\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (101):(011) =$ | — | *57° 52′ | 58° 0′ |
| $p:p_, = (101):(10\bar{1}) =$ | 93° 40′ | 93 38½ | — |
| $t:a = (501):(100) =$ | 12 3 | 12 0 ca. | — |

Ätzfiguren die gleichen, wie von $PO_4KH_2$ (Baumhauer[11]).
Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[12]):

| | | |
|---|---|---|
| für Linie $C$: | $\omega = 1{,}5632$ | $\varepsilon = 1{,}5146$ |
| » » $D$: | $1{,}5674$ | $1{,}5179$ |
| » » $F$: | $1{,}5762$ | $1{,}5252$ |

Wärmeleitungsfähigkeit auf $a\{100\}$ $a:c = 1:0{,}88$ (Lang[13])).
Diamagnetische Induction nach Lang[14]): $a:c = 1:0{,}715$.

**Dihydrogenammoniumorthophosphat** (Monoammoniumphosphat) = $PO_4(NH_4)H_2$.

Spec. Gew. 1,803 Goßner[4]), 1,794 Muthmann[1]), 1,803 Krickmeyer[3]).
Tetragonal skalenoëdrisch.

$$a:c = 1:1{,}0076 \text{ Mitscherlich}^{9)}.$$

Combination $p\{101\}$, $a\{100\}$, oft unsymmetrisch ausgebildet.

| | Berechnet: | Beobachtet: Mitscherlich: | Rammelsberg[16]): |
|---|---|---|---|
| $p:p = (101):(011) =$ | 60° 14′ | — | 60° 10′ |
| $p:p_, = (101):(10\bar{1}) =$ | — | *89° 35′ | 89 38 |

Die Ätzfiguren stimmen mit denen des Kaliumsalzes überein und sind besonders deutlich auf $p\{101\}$ (Baumhauer[11])).

12) Topsøe u. Christiansen, Vidensk. Selsk. Skr. Kopenhagen 1873, (5) 9, 660. Ann. chim. phys. 1874, (5) 1, 83. Poggendorffs Ann. d. Phys. Erg.-Bd. 6, 524.
13) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1866, 54 (II), 168.
14) V. v. Lang, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1899, 108 (IIa), 561. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 35, 208.
15) Topsøe, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1872, 66 (II), 32.
16) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr.-physik. Chemie, Leipzig 1881, 1, 511.

Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[12]):

| | | | |
|---|---|---|---|
| für Linie $C$: | $\omega = 1{,}5212$ | $\varepsilon = 1{,}4768$ |
| » » $D$: | 1,5246 | 1,4792 |
| » » $F$: | 1,5314 | 1,4847 |
| » » $G'$: | 1,5372 | 1,4894 |

Wärmeleitungsfähigkeit auf $a\{100\}$ nach Lang[13]): $a:c = 1:0{,}86—0{,}90$.
Diamagnetismus stark, Induction $a:c = 1:0{,}7124$ (Lang[14])).

**Dihydrogenammoniumorthoarsenat** (Monoammoniumarsenat) = $AsO_4(NH_4)H_2$.

Spec. Gew. 2,317 Goßner[4]), 2,311 Muthmann[1]), 2,308 Topsøe[15]).
Tetragonal skalenoëdrisch.

$a:c = 1:1{,}0035$ Topsøe[15]).

Von den beobachteten Formen $p\{101\}$ und $a\{100\}$ (s. Fig. 859) herrscht bald die eine, bald die andere vor.

| | Berechnet: | Beobachtet: Topsøe: | Beobachtet: Mitscherlich[9]): |
|---|---|---|---|
| $p:p = (101):(011) =$ | — | *60° 7′ | — |
| $p:p_, = (101):(10\bar{1}) =$ | 89° 48′ | 89 50 | 89° 19′ |

Keine deutliche Spaltbarkeit.
Ätzfiguren auf den Prismenflächen denen der vorigen Salze ähnlich (Baumhauer[11])).
Brechungsindices nach Topsøe und Christiansen[12]):

| | | |
|---|---|---|
| für Linie $C$: | $\omega = 1{,}5721$ | $\varepsilon = 1{,}5186$ |
| » » $D$: | 1,5766 | 1,5217 |
| » » $F$: | 1,5859 | 1,5296 |

Wärmeleitungsfähigkeit auf $a\{100\}$ nach Lang[13]): $a:c = 1:0{,}84$.
Diamagnetische Induction: $a:c = 1:0{,}715$ (Lang[14])).

**Dihydrogenthalloorthophosphat** (Monothallophosphat) = $PO_4TlH_2$.

Spec. Gew. 4,723 Lamy[17]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 3{,}1750:1:1{,}4577;\quad \beta = 91°44'$ Des Cloizeaux[17]).

Die von Lamy dargestellten Krystalle sind nach der $b$-Axe verlängerte Tafeln $a\{100\}$, combiniert mit $s\{201\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$. oft auch $c\{001\}$, $t\{401\}$ und $\tau\{40\bar{1}\}$, am Ende $\omega\{11\bar{1}\}$ und $o\{111\}$, von denen letzteres auch manchmal fehlt; fast immer Zwillinge nach $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *88° 16′ |
| $s:c = (201):(001) =$ | 41° 47′ | 41 31 |
| $t:c = (401):(001) =$ | 60 7 | 59 0 ca. |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 43 23 | *43 17 |
| $\tau':c = (\bar{4}01):(001) =$ | 62 47 | *63 48 ca. |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *56 26 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 57 10 | 57 6 |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *74 31 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 76 21 | 76 17 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 105 16 | 105 0 |
| $o:s = (111):(201) =$ | 54 36 | 54 16 |

17) Lamy u. Des Cloizeaux, Ann. chim. phys. 1869, (4) **17**, 323.

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, 1. Mittellinie (mit schwacher Dispersion) nahezu normal zu $s\{201\}$, $2E = 66°10'$ rot, $96°53'$ blau.

### Dihydrogensilberorthoarsenat (Monosilberarsenat) = $AsO_4AgH_2$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,8145:1:1,1117;\quad \beta = 90°5' \text{ Dufet}^{6)}.$$

Das von Joly[18]) dargestellte Salz bildet nach der $a$-Axe verlängerte Combinationen von $c\{001\}$ und $q\{011\}$, an den Enden $\varrho\{10\bar{1}\}$ und (oft fehlend) $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *53° 48' |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *36 17 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *48 0 |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | 66° 43' | 66 42 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 89 57 | 89 59 |
| $(110):(1\bar{1}0) =$ | 78 19 | — |

Doppelbrechung negativ, stark; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 60° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; $2E = 60°$ ca.

### Pentahydrogentetrathallotriorthophosphat = $(PO_4)_3Tl_4H_5$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,9314:1:0,7820 \text{ Des Cloizeaux}^{17)}.$$

Das Präparat Lamys, welchem dieser die Formel $PO_4Tl_2H.\frac{1}{2}H_2O$ gegeben hatte, bildet nach Des Cloizeaux (l. c. 322) kurze Prismen $a\{100\}$, $n\{130\}$, $m\{110\}$, $l\{970\}$, combiniert mit $r\{101\}$. Rammelsberg[5]) (l. c. 286) beobachtete ebenfalls $a\{100\}$ vorherrschend, ferner $r\{101\}$ und $s\{102\}$ groß ausgebildet, kleiner $n\{130\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Des Cloizeaux: | Beobachtet: Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100) =$ | — | *42° 58' | — |
| $n:a = (130):(100) =$ | 70° 19' | 70 34 | 71° 5' |
| $l:a = (970):(100) =$ | 35 55 | 35 59 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *49 59 | 49 20 |
| $s:a = (102):(100) =$ | 67 14 | — | 66 48 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie $c$-Axe; $2E = 149°35'$ rot, $145°2'$ blau.

### Hydrogendikaliumorthoarsenat (Dikaliumarsenat) = $AsO_4K_2H$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,1707:1:1,6087;\quad \beta = 113°46' \text{ Rammelsberg}^{16)}.$$

Rammelsberg (l. c. 534) beobachtete die Formen: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$ und $\sigma\{20\bar{1}\}$, wählte aber eine andere Aufstellung der Krystalle. Seine Messungen sind nur approximative, da sich die Krystalle rasch trüben.

18) Joly, Compt. rend. 1886, 103, 1071.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 93° 54′ | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *70° 30′ |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *60 0 |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 92 28 | 92 0 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *56 0 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 40 46 | 40 0 |
| $q:\varrho' = (011):(\bar{1}01) =$ | 79 14 | 79 30 |

**Hydrogendiammoniumorthophosphat** (Diammoniumphosphat) = $PO_4(NH_4)_2H$.

Spec. Gew. 1,62—1,68 nach älteren Bestimmungen.
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1981:1:1{,}6546$; $\beta = 113°14'$ Mitscherlich[9]).

Mitscherlich beobachtete die Combination des Prismas $m\{110\}$ mit den ungefähr gleich großen Endflächen $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, untergeordnet und nicht immer vorhanden treten hinzu $q\{011\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\sigma\{20\bar{1}\}$; die von Brooke[19]) gemessenen Krystalle zeigten $c\{001\}$, $m\{110\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ ungefähr gleich groß, untergeordnet $\sigma\{20\bar{1}\}$, und waren oft nach der $b$-Axe verlängert.

| | Berechnet: | Beobachtet: Mitscherlich: | Beobachtet: Brooke: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *95° 30′ | 95° 45′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *74 37 | 74 10 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *70 16 | 70 28 |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 60° 32′ | — | — |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 91 44 | — | 92 42 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 56 40 | — | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 96 52 | — | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 77 3 | — | — |

**Hydrogendiammoniumorthoarsenat** (Diammoniumarsenat) = $AsO_4(NH_4)_2H$.

Spec. Gew. 1,99 Schiff (ält. Bestimm.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}1687:1:1{,}6302$; $\beta = 113°30'$ Mitscherlich[1]).

Das Salz wurde von Mitscherlich, welcher dafür die gleichen Combinationen angibt, wie für das Phosphat, zuerst dargestellt; einige Messungen gab später Rammelsberg[16]) (l. c. 534) an.

| | Berechnet: | Beobachtet: Mitscherlich: | Beobachtet: Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *94° 6′ | 96° 10′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *74 14 | 74 0 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *70 52 | — |
| $\varrho:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 59° 54′ | — | — |
| $\sigma':c = (\bar{2}01):(001) =$ | 91 13 | — | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | 56 13 | — | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 95 40 | — | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 77 17. | — | — |

19) Brooke, Annals of Philos. 1823, **22**, 285.

### Hydrogendisilberorthophosphat (Disilberphosphat) = $PO_4Ag_2H$.

Trigonal (skalenoëdrisch oder bipyramidal?).

$\alpha = 105°54'$ ($a : c = 1 : 0,7297$ Dufet[20]).

Die von Joly[18]) dargestellten, am Lichte und durch Feuchtigkeit sich sehr rasch verändernden Krystalle bilden entweder hexagonale Prismen $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$ (mit drei vorherrschenden Flächen trigonal ausgebildet), an den Enden $s\{11\bar{1}\}$, $\sigma\{5\bar{1}\bar{1}\}$ als hexagonale Bipyramide $\{20\bar{2}1\}$ und $r\{100\}$ als trigonale Bipyramide (vielleicht infolge einer Zwillingsbildung nach $c\{111\}$), oder die gleiche Combination in zwei nach $\{10\bar{1}\}$ verwachsenen parallelen Krystallen, oder endlich tafelförmige Combinationen der genannten Endflächen ohne Prisma mit vorherrschendem $c\{111\}$.

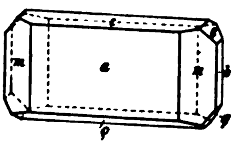
| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : m = (100) : (2\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *49°53' |
| $s : m = (11\bar{1}) : (\bar{1}2\bar{1}) =$ | 30°41' | 30 43 |
| $s : \sigma = (11\bar{1}) : (5\bar{1}\bar{1}) =$ | 50 56 | 50 55 |
| $r : \sigma = (100) : (5\bar{1}\bar{1}) =$ | 48 8½ | 48 8 |

Brechungsindices für $Na$: $\omega = 1,8036$, $\varepsilon = 1,7983$.

### Kaliumfluorophosphat = $P(OH)_2FOK$.

Monoklin prismatisch.

Fig. 861.



$a : b : c = 0,8501 : 1 : 0,6268$;
$\beta = 101°5'$ Zirngiebl[21]).

Das Salz, dargestellt von Weinland und Alfa[22]), bildet rasch trübe werdende Krystalle der Combination Fig. 861: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $q\{021\}$, außerdem sehr klein $o\{121\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *78°55' |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | — | *40 8 |
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *79 40 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 81°31' | 81 27 |
| $q : c = (021) : (001) =$ | 50 53 | 51 3 |
| $q : a = (021) : (100) =$ | 83 2 | 83 1 |
| $q : m = (021) : (110) =$ | 53 18 | 53 40 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | 68 7 | 68 14 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Ätzfiguren symmetrisch.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; durch $a\{100\}$ das Interferenzbild einer Axe im spitzen Winkel $\beta$ sichtbar.

20) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1886, **9**, 36. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 644.
21) Zirngiebl, Zeitschr. f. Krystallogr. 1902, **36**, 147.
22) Weinland u. Alfa, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1899, **21**, 44.

## Wasserhaltige Orthophosphate usw. einwertiger Metalle und deren Halogenverbindungen.

Von sauren Salzen kommen hier fast nur diejenigen des Natriums in Betracht, da die Kaliumverbindungen wasserfrei krystallisieren; unter denen, welche nur ein Atom des Metalles enthalten, haben den niedrigsten Wassergehalt die beiden Salze, welche den ersten von Mitscherlich beobachteten Fall der Isodimorphie bilden, das **Dihydrogennatriumorthophosphat**-(Mononatriumphosphat-)**Monohydrat** = $PO_4NaH_2.H_2O$ und das **Dihydrogennatriumorthoarsenat**-(Mononatriumarsenat-)**Monohydrat** = $AsO_4NaH_2.H_2O$. Die erste dieser Verbindungen krystallisiert gewöhnlich in einer rhombischen Modification, unter nicht festgestellten Umständen aber zuweilen in einer zweiten ebenfalls rhombischen Form, welche aber sehr unbeständig zu sein scheint; mit der letzteren ist nun das Arsenat in der von Mitscherlich dargestellten und später von Dufet genauer untersuchten Form isomorph; Letzterer erhielt aber von diesem Salze noch eine monokline Modification, zu welcher ein Analogon bei dem Phosphate nicht bekannt ist. Diese Gruppe bedarf jedenfalls noch weiterer Untersuchung. Dieselben Salze bilden, wie später gefunden wurde, beständigere Verbindungen mit 2 Mol. $H_2O$: **Dihydrogennatriumorthophosphat-Dihydrat** und **-orthoarsenat-Dihydrat** = $PO_4NaH_2.2H_2O$ und $AsO_4NaH_2.2H_2O$; diese krystallisieren rhombisch bisphenoïdisch und sind vollkommen isomorph.

Das monokline Phosphorsalz, **Hydrogennatriumammoniumorthophosphat**-(Natriumammoniumphosphat-)**Tetrahydrat** = $PO_4(NH_4)NaH.4H_2O$ ist seit Mitscherlich (1821), in dessen Winkelangaben einige Fehler untergelaufen sind, nicht wieder untersucht worden, daher fehlt die Kenntnis seiner Spaltbarkeit, optischen Eigenschaften usw.; für das entsprechende Arsenat $AsO_4(NH_4)NaH.4H_2O$ gibt Mitscherlich die gleichen Formen und Winkel an. Als Natriumkaliumphosphat $PO_4KNaH.7H_2O$ beschreibt Mitscherlich ein Salz, von welchem er keine Analyse ausführte, sondern nur eine Wasserbestimmung, welche aber 3% von der durch jene Formel erforderten abweicht; aus seinen Messungen geht nun hervor, daß er das später von Dufet genauer untersuchte **Hydrogendinatriumorthophosphat**-(Dinatriumphosphat-)**Heptahydrat** = $PO_4Na_2H.7H_2O$ in Händen hatte, und das Entsprechende gilt auch für das isomorphe **Hydrogendinatriumorthoarsenat**-(Dinatriumarsenat-)**Heptahydrat** = $AsO_4Na_2H.7H_2O$; beide Salze bilden ziemlich flächenreiche monokline Krystalle. Von denselben Salzen existiert noch je eine wasserreichere Verbindung, **Dihydrogennatriumorthophosphat-** und **Dihydrogennatriumorthoarsenat**-(Dinatriumphosphat- bzw. arsenat-)**Dodekahydrat** = $PO_4Na_2H.12H_2O$ und $AsO_4Na_2H.12H_2O$; beide sind ebenfalls monoklin und isomorph.

Über normale Salze liegen nur wenige krystallographische Untersuchungen vor. **Natriumorthovanadat**-(Trinatriumvanadat-)**Heptahydrat**

$= VO_4Na_3.7H_2O$ (nicht $8H_2O$, wie Baker annahm) bildet nach Baker[1]) rhombische Krystalle mit einem Prisma von 52°—58°. **Natriumorthovanadat-**(Trinatriumvanadat-)**Dekahydrat** $= VO_4Na_3.10H_2O$ ist dimorph, meist krystallisiert es kubisch, seltener hexagonal (eine Untersuchung über die Bedingungen der Bildung beider Modificationen fehlt). **Natriumorthophosphat-, -orthoarsenat-** und **-orthovanadat-**(Trinatriumphosphat-, -arsenat- und -vanadat-)**Dodekahydrat** $= PO_4Na_3.12H_2O$, $AsO_4Na_3.12H_2O$ und $VO_4Na_3.12H_2O$ krystallisieren sämtlich trigonal; obgleich ihre Axenverhältnisse nicht bestimmt werden konnten, steht ihre Isomorphie außer Zweifel, da nach Baker[1]) ein Krystall des Vanadates in der Lösung des Phosphates fortwächst, und jedes der drei Salze in der übersättigten Lösung eines der beiden anderen sofort Krystallisation hervorbringt.

Als Natriumorthophosphat-Dekahydrat $= PO_4Na_3.10H_2O$ beschrieb zuerst Rammelsberg oktaëdrische, bei der Sodafabrikation entstandene Krystalle; später wurde in denselben Fluor nachgewiesen und ihre Zusammensetzung erkannt als $2PO_4Na_3.NaF.19H_2O$; mit diesem **Natriumorthophosphat-Natriumfluorid** sind die entsprechenden Salze: **Natriumorthoarsenat-** und **Natriumorthovanadat-Natriumfluorid** $= 2AsO_4Na_3.NaF.19H_2O$ und $2VO_4Na_3.NaF.19H_2O$, welche ebenfalls kubisch krystallisieren, zweifellos isomorph, da das vanadinsaure Salz nach Baker[1]) mit dem Phosphate isomorphe Mischungen bildet und in der Lösung des Phosphates und Arsenates fortwächst. Es ist wohl kein Zufall, daß die beiden Salze $2VO_4Na_3.20H_2O$ (s. oben) und $2VO_4Na_3.NaF.19H_2O$, welche sich nur durch $NaF$ für $H_2O$ unterscheiden, beide kubisch krystallisieren.

## Dihydrogennatriumorthophosphat-(Mononatriumphosphat-)Monohydrat = $PO_4NaH_2.H_2O$.

### Erste Modification.

Fig. 862.

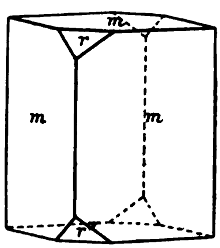
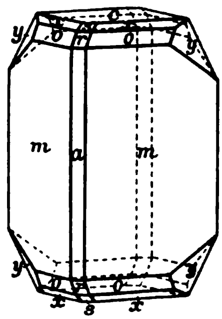



Fig. 863.




Spec. Gew. 2,055 Dufet[2]).
Rhombisch (pyramidal?).

$a:b:c = 0,9336:1:0,9624$ Dufet[2]).

Die Krystalle sind nach Mitscherlich[3]) Prismen $m\{110\}$, am Ende mit $c\{001\}$, wozu noch $r\{101\}$ (Fig. 862), $o\{111\}$ und $a\{100\}$ treten; die weiter von ihm aufgeführten Formen, hinsichtlich deren Lage und Winkel die Angaben nicht in Einklang zu bringen sind, entsprechen jedenfalls $x\{112\}$, $s\{102\}$, $y\{121\}$ (Fig. 863); dann besteht auch

1) Baker, Journ. Chem. Soc. London 1885, **47**, 353. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 78.
2) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 87. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 612.
3) Mitscherlich, Akad. Handl. Stockholm 1821, 4. Ges. Schriften 1896, 170.

Übereinstimmung mit den späteren Beobachtungen von Scacchi[4]), welcher $x\{112\}$ und $r\{101\}$ nicht fand, und insbesondere mit jenen von Dufet[2]), welcher an Krystallen, erhalten durch langsames Abkühlen der syrupartigen wässerigen Lösung, alle obigen Formen beobachtete. Nach den beiden Letzteren finden sich die Flächen immer nur unvollzählig, und zwar scheint immer eine Verschiedenheit der beiden Enden der $a$-Axe zu bestehen, was für Fehlen der Symmetrieebene ∥ {100} sprechen würde; regelmäßige Verwachsungen, welche Scacchi beobachtete, wären dann Zwillinge nach $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Mitscherlich: | Scacchi: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *86° 4′ | 86° 6′ | — |
| $r:c = (101):(001) =$ | 45°57′ | 45 49 ca. | 45 42 | — |
| $s:c = (102):(001) =$ | — | *27 20 | — | — |
| $o:c = (111):(001) =$ | 54 44 | 54 40 | — | 54°51′ |
| $o:a = (111):(100) =$ | 53 21 | — | — | 53 12 |
| $x:c = (112):(001) =$ | 35 16 | 35 14 | — | — |
| $x:s = (112):(102) =$ | 23 12 | 23 10 | — | — |
| $y:m = (121):(110) =$ | 29 26 | 29 28 | — | — |
| $y:y = (121):(1\bar{2}1) =$ | 45 35 | 45 34 | — | — |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie die $a$-Axe, Brechungsindices nach Dufet[2]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ ber.: | $2E$ |
|---|---|---|---|---|---|
| für $Li$: | 1,4527 | 1,4821 | 1,4841 | 29° 0′ | 43°34′ (bei 21°) |
| » $Na$: | 1,4557 | 1,4852 | 1,4873 | 29 22 | 44 14 |
| » $Tl$: | 1,4583 | 1,4881 | 1,4902 | 29 48 | 45 0 |

Bei 30° ist für $Na$-Licht $2E = 45°41\frac{3}{4}'$.

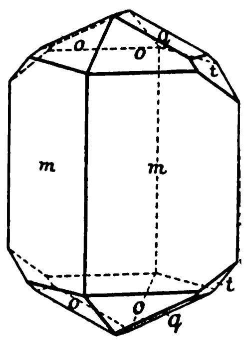
### Zweite Modification.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8170 : 1 : 0{,}4998$ Mitscherlich[3]).

Die Krystalle sind nach Mitscherlich Prismen $m\{110\}$, am Ende mit $o\{111\}$, $q\{011\}$ und $t\{021\}$ (Fig. 864).

Fig. 864.




| | Berechnet: | Beobachtet[5]): |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *78°30′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *53 7 |
| $q:k = (011):(021) =$ | 18°26′ | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 46 12 | — |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 57 24 | — |
| $o:m = (111):(110) =$ | 51 42 | — |

## Dihydrogennatriumorthoarsenat-(Mononatriumarsenat)-Monohydrat = $AsO_4NaH_2 . H_2O$.

### Rhombische Modification.

Spec. Gew. 2,670 Dufet[2]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8165 : 1 : 0{,}4983$ Dufet[2]).

4) A. Scacchi, Nuovo Cimento 1855, **1**, 169. Poggendorffs Ann. d. Phys. 1860, **109**, 369.

5) Mitscherlich gibt hier und bei einigen folgenden Salzen eine einzige identische Beschreibung für das Phosphat und Arsenat ohne Unterscheidung der beiden entsprechenden Salze; dementsprechend sind hier immer beim Arsenate wie beim Phosphate die gleichen Winkelangaben Mitscherlichs angeführt.

Die prismatischen Krystalle zeigen nach Mitscherlich[3]), dessen Beobachtungen Dufet[2]) (l. c. 99) bestätigte, die Formen $m\{110\}$, $o\{111\}$, $q\{011\}$, $t\{021\}$ (Fig. 863).

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Mitscherlich[5]): |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *78° 28′ | 78° 30′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | 52° 58′ | 53 0 | 53 7 |
| $q:k = (011):(021) =$ | 18 25 | 18 29 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 46 4 | 46 3 | — |
| $o:q = (111):(011) =$ | 28 39 | 28 37 | — |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *51 47 | — |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$; 1. Mittellinie die $c$-Axe; Brechungsindices nach Dufet (teilweise indirect bestimmt):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_a$ u. $\beta$) | $2E$ ber. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5341 | 1,5494 | 1,5563 | 67° 15′ | 118° 11′ |
| *Na*: | 1,5382 | 1,5535 | 1,5607 | 67 57 | 120 28 |
| *Tl*: | 1,5418 | 1,5573 | 1,5647 | 68 33 | 122 33 |

### Monokline Modification.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,1087:1:1,1588; \quad \beta = 92^{\circ}22' \text{ Dufet}^{2)}.$$

Bildet sich nach Dufet (l. c. 98) unter nicht näher ermittelten Bedingungen aus wässeriger Lösung, anscheinend bei höherer Temperatur; die rasch sich trübenden Krystalle zeigen die Formen: $c\{001\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$ (eine nähere Beschreibung des Habitus fehlt).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *45° 2′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *47 30 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 49° 11′ | 49 5 |
| $k:c = (012):(001) =$ | — | *30 4 |
| $\varrho':k = (\bar{1}01):(012) =$ | 54 13 | 54 15 |

## Dihydrogennatriumorthophosphat-(Mononatriumphosphat-)Dihydrat = $PO_4NaH_2.2H_2O$.

Spec. Gew. 1,915 Dufet[2]).

Rhombisch bisphenoïdisch.

$$a:b:c = 0,9147:1:1,5687 \text{ Dufet}^{6)}.$$

Beim Abkühlen von Lösungen, welche in der Wärme stark concentriert waren, erhielt Joly[6]) pyramidale Krystalle, gebildet von den herrschenden Formen $r\{101\}$ und $q\{011\}$, wozu untergeordnet noch $\omega\{1\bar{1}1\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $v\{121\}$, $o\{111\}$ und $\xi\{1\bar{1}2\}$ treten. Aus den Mutterlaugen von Mononatriumpyrophosphat entstanden oft nach der $b$-Axe stark prismatisch verlängerte Krystalle $r\{101\}$, am einen Ende aufgewachsen, am anderen mit $\xi\{1\bar{1}2\}$ und $\omega\{1\bar{1}1\}$, wozu seltener und untergeordnet $m\{110\}$ und $q\{011\}$ kommen.

6) Joly u. Dufet, Bull. soc. fr. min. 1886, 9, 194. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 14, 273.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 84°54'$ | $84°58'$ |
| $r:r = (101):(10\bar{1})$ | = — | $*60\ 30$ |
| $q:q = (011):(01\bar{1})$ | = — | $*65\ 2$ |
| $r:q = (101):(011)$ | $= 74\ 18$ | $74\ 18$ |
| $r:m = (101):(110)$ | $= 50\ 24$ | $50\ 25$ |
| $q:m = (011):(110)$ | $= 55\ 18$ | $55\ 16$ |
| $\xi:c = (1\bar{1}2):(001)$ | $= 49\ 17$ | — |
| $v:r = (121):(101)$ | $= 55\ 24$ | $55\ 25$ |
| $v:q = (121):(011)$ | $= 30\ 59$ | $31\ 0$ |
| $\omega:c = (1\bar{1}1):(001)$ | $= 66\ 43$ | $66\ 46$ |
| $\omega:r = (1\bar{1}1):(101)$ | $= 38\ 19$ | $38\ 19$ |
| $o:q = (111):(011)$ | $= 42\ 40$ | $42\ 35$ |
| $\omega:r = (11\bar{1}):(101)$ | $= 67\ 16$ | $67\ 16$ |
| $v:q_{,} = (121):(01\bar{1})$ | $= 57\ 41$ | $57\ 37$ |
| $\xi:r = (1\bar{1}2):(101)$ | $= 35\ 44$ | $35\ 46$ |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie die $c$-Axe. Brechungsindices nach Dufet[2]).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für *Li*: | $\alpha = 1,4376$ | $\beta = 1,4600$ | $\gamma = 1,4782$ | — |
| » *Na*: | 1,4401 | 1,4629 | 1,4815 | $2V$ ber. $= 82°50'$ |
| » *Tl*: | 1,4423 | 1,4655 | 1,4843 | — |

Eine indirecte Beobachtung ergab $2V = 82°35'$ (*Na*).

### Dihydrogennatriumorthoarsenat-Dihydrat = $AsO_4NaH_2 \cdot 2H_2O$.

Spec. Gew. 2,309 Dufet[2]).
Rhombisch bisphenoïdisch.

$$a:b:c = 0,9177:1:1,6039 \text{ Dufet}^{6})$$

Dufet (l. c. 197) beobachtete an den von Joly dargestellten oktaëderähnlichen Krystallen $r\{101\}$ und $q\{011\}$, untergeordnet $\xi\{1\bar{1}2\}$, $\omega\{1\bar{1}1\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$ und $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 85°\ 5'$ | — |
| $r:r = (101):(10\bar{1})$ | = — | $*59°53'$ |
| $q:q = (011):(01\bar{1})$ | = — | $*63\ 53$ |
| $r:q = (101):(011)$ | $= 74\ 46$ | $74\ 46$ |
| $r:m = (101):(110)$ | $= 50\ 15$ | $50\ 15$ |
| $q:m = (011):(110)$ | $= 54\ 59$ | $54\ 55$ |
| $\xi:c = (1\bar{1}2):(001)$ | $= 49\ 52$ | $49\ 48$ |
| $\omega:r = (1\bar{1}1):(101)$ | $= 38\ 32$ | $38\ 33$ |
| $\omega:c = (1\bar{1}1):(001)$ | $= 67\ 9$ | $67\ 8$ |
| $o:q = (111):(011)$ | $= 42\ 46$ | $42\ 53$ |
| $\omega:r = (11\bar{1}):(101)$ | $= 66\ 39$ | $66\ 35$ |
| $\xi:r = (1\bar{1}2):(101)$ | $= 36\ 0$ | $36\ 8$ |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie die $c$-Axe. Brechungsindices nach Dufet[2]) für *Na*:

$$\alpha = 1,4794; \quad \beta = 1,5021; \quad \gamma = 1,5265;$$
$$2V \text{ ber.} = 89°11', \quad 2V \text{ beob.} = 88°50'$$

für *Li* und *Tl* ergab sich $2V$ indirect zu $88°40'$ bzw. $88°57'$.

## Hydrogennatriumammoniumorthophosphat-Tetrahydrat = $PO_4(NH_4)NaH.4H_2O$

**(Natriumammoniumphosphat, Phosphorsalz, nat. Stercorit).**

Fig. 865.

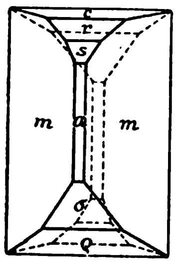
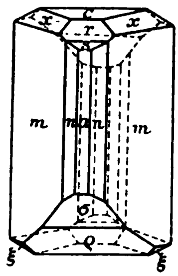



Fig. 866.




Spec. Gew. 1,55 nach älteren Bestimmungen.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 2,8828:1:1,8616;$$
$$\beta = 99^{\circ}18' \text{ Mitscherlich}^{3)}.$$

Die nach der $c$-Axe verlängerten Krystalle zeigen nach Mitscherlich als einfachste Combination $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$; dazu kommen (nicht immer vorhanden) noch $s\{201\}$, $r\{101\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$ (Fig. 865), ferner $x\{112\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$ und $n\{310\}$ (Fig. 866).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *80° 42′ |
| $\varrho:a$ | $= (10\bar{1}):(100) =$ | — | *63 52 |
| $r:a$ | $= (101):(100) =$ | 50° 43′ | — |
| $s:a$ | $= (201):(100) =$ | 34 11 | 34 17 |
| $\sigma:a$ | $= (20\bar{1}):(100) =$ | 41 8 | — |
| $m:m'$ | $= (110):(\bar{1}10) =$ | — | *38 44 |
| $n:n$ | $= (310):(3\bar{1}0) =$ | 87 42 | 88 22 |
| $m:c$ | $= (110):(001) =$ | 86 56 | — |
| $x:x$ | $= (112):(1\bar{1}2) =$ | 79 46 | — |
| $x:c$ | $= (112):(001) =$ | 42 44 | — |
| $x:a$ | $= (112):(100) =$ | 70 12 | — |
| $\xi:\xi$ | $= (11\bar{2}):(1\bar{1}\bar{2}) =$ | 85 8 | — |
| $\xi':c$ | $= (\bar{1}12):(001) =$ | 45 44 | — |
| $\xi:a$ | $= (11\bar{2}):(100) =$ | 83 11 | — |
| $r:m$ | $= (101):(110) =$ | 77 53 | — |
| $s:m$ | $= (201):(110) =$ | 74 5 | — |
| $\varrho:m$ | $= (10\bar{1}):(110) =$ | 81 26 | — |
| $\sigma:m$ | $= (20\bar{1}):(110) =$ | 75 32 | — |

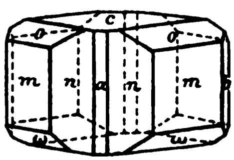
## Hydrogendinatriumorthophosphat-(Dinatriumphosphat-)Heptahydrat = $PO_4Na_2H.7H_2O$.

Spec. Gew. 1,679 Dufet[2]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1,2047:1:1,3272; \quad \beta = 96^{\circ}57' \text{ Dufet}^{2)}.$$

Fig. 867.




Krystalle, welche Dufet (l. c. 82 bzw. 611) aus wässeriger Lösung oberhalb 30° erhielt, zeigten die Formen $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $b\{010\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $n\{210\}$ und sehr untergeordnet $m\{110\}$. Das von Mitscherlich[3]) unter der Formel $PO_4KNaH.7H_2O$ beschriebene, aber nicht analysierte Salz (und entsprechend auch das Arsenat), kurze Prismen oder dicke Tafeln (Fig. 867) mit herrschendem $c\{001\}$ und $m\{110\}$ und den übrigen oben genannten Formen, von denen $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ auch fehlen können, ist wohl als identisch mit diesem

Natriumphosphate zu betrachten; die beobachteten Werte von Mitscherlich sind die von ihm für das Phosphat und das Arsenat gemeinsam angegebenen.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100)$ | $= 50^\circ\ 6'$ | $50^\circ\ 2'$ | $50^\circ 40'$ |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0)$ | $= 61\ 45$ | $61\ 45$ | $62^\circ 34'$—$62^\circ 46'$ |
| $a:c = (100):(001)$ | $= 83\ \ 3$ | $83\ 11$ | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ | $=$ — | $*51\ 36$ | $51^\circ 23'$ |
| $o:c = (111):(001)$ | $= 56\ 30$ | $56\ 32$ | — |
| $o:m = (111):(110)$ | $= 29\ \ 3$ | $29\ \ 4$ | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 79\ 50$ | $79\ 55$ | — |
| $o:n = (111):(210)$ | $= 32\ 50$ | $32\ 48$ | — |
| $\varrho:\omega = (10\bar{1}):(11\bar{1})$ | $=$ — | $*43\ 21$ | — |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110)$ | $=$ — | $*31\ 18$ | — |
| $\omega:n = (11\bar{1}):(210)$ | $= 37\ 44$ | $37\ 41$ | — |

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 72° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; horizontale Dispersion nicht merklich; Brechungsindices nach Dufet:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ | $2E$ bei 20° |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4382 | 1,4395 | 1,4497 | 39° 33′ | 58° 18′ |
| *Na*: | 1,4412 | 1,4424 | 1,4526 | 38 50 | 57 18 |
| *Tl*: | 1,4437 | 1,4449 | 1,4552 | 37 59 | 55 59 |

Bei 30° sind die Werte für $2E$ um ungefähr 1° größer.

### Hydrogendinatriumorthoarsenat-(Dinatriumarsenat-)Heptahydrat = $AsO_4Na_2H.7H_2O$.

Spec. Gew. 1,883 Dufet[2]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}2294:1:1{,}3526;\quad \beta = 97^\circ 14' \text{ Dufet}^{2)}.$$

Nach Haidinger[7]) und Rammelsberg[8]) sind die Krystalle dicke Tafeln nach $c\{001\}$ oder in der Richtung der $c$-Axe verlängerte Prismen (Fig. 866), welche außer $c$ die Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{210\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, untergeordnet $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $q\{011\}$, nach Rammelsberg auch noch $\xi\{12\bar{1}\}$ und $\zeta\{21\bar{2}\}$ zeigen. Dufet[2]) (l. c. 93 bzw. 613) erhielt oberhalb 20° aus wässeriger Lösung Krystalle mit denselben Formen außer $q\{011\}$ und $\xi\{12\bar{1}\}$; $m\{110\}$ war nur sehr untergeordnet. Betreffs der Beobachtungen von Mitscherlich siehe oben beim Phosphate.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Rammelsberg: | Haidinger: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|---|---|
| $m:a = (110):(100)$ | $=$ — | $*50^\circ 39'$ | $50^\circ 37'$ | $50^\circ 32'$ | $50^\circ 40'$ |
| $m:n = (110):(210)$ | $= 19^\circ 16'$ | $19\ 12$ | — | — | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ | $=$ — | $*51\ 43$ | $52\ \ 5$ | $51\ 33$ | $51\ 23$ |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100)$ | $=$ — | $*45\ 31$ | $45\ 40$ | — | — |
| $m:c = (110):(001)$ | $= 85\ 25$ | $85\ 27$ | — | — | — |
| $n:c = (210):(001)$ | $= 83\ 50$ | $83\ 51$ | — | — | — |
| $o:c = (111):(001)$ | $= 56\ 39$ | $56\ 36$ | $56\ 30$ | — | — |
| $o:b = (111):(010)$ | $= 49\ 37$ | $49\ 39$ | — | — | — |

7) Haidinger, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1829, **16**, 610.

8) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 181; Handb. d. kryst.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 535.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Rammelsberg: | Haidinger: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|---|---|
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 63° 31′ | 63° 31′ | 63° 35′ | — | — |
| $\omega : \varrho = (11\bar{1}) : (10\bar{1}) =$ | 43 59 | 43 58 | 43 52 | — | — |
| $o : \omega = (111) : (11\bar{1}) =$ | 59 50 | — | 60 0 | — | — |
| $\varrho : n = (10\bar{1}) : (210) =$ | 53 15 | 53 14 | — | — | — |
| $\zeta' : c = (\bar{2}12) : (001) =$ | 56 5 | 56 3 | 55 30 | — | — |
| $o : n = (111) : (210) =$ | 32 33 | — | — | — | — |
| $\xi : a = (12\bar{1}) : (100) =$ | 71 12 | — | — | — | — |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ (Haidinger).

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Dufet[2] 65° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; horizontale Dispersion sehr gering. Brechungsindices nach Dufet[2]):

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ | $2E$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | $\alpha =$ 1,4587 | $\beta =$ 1,4623 | $\gamma =$ 1,4746 | $2V =$ 57° 32′ | $2E =$ 89° 28′ |
| *Na*: | 1,4622 | 1,4658 | 1,4782 | 57 7 | 88 59 |
| *Tl*: | 1,4654 | 1,4689 | 1,4814 | 56 43 | 88 29 |

Mit steigender Temperatur wird anscheinend der Axenwinkel etwas größer.

### Hydrogendinatriumorthophosphat-(Dinatriumphosphat-)Dodekahydrat = $PO_4Na_2H.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,531 Dufet[2]).

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 1,7319 : 1 : 1,4163; \quad \beta = 121°24' \text{ Dufet}^{2)}.$$

Zuerst gemessen von Mitscherlich[3]). Die prismatisch nach der $c$-Axe verlängerten Krystalle zeigen als einfachste Combination $m\{110\}$, $c\{001\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, untergeordnet auch $\sigma\{20\bar{1}\}$, dieselben Formen mit $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ (Fig. 868); $\omega\{11\bar{1}\}$ kann an den einfacheren Krystallen auch fehlen und dafür $k\{023\}$ (Fig. 869) oder $o\{111\}$ auftreten; außerdem wurden an der Kante [100 : 110] noch zwei Formen mit parallelen Kanten erwähnt, annähernd $n\{310\}$, ferner zwei Formen an der Kante $[10\bar{1} : 11\bar{1}]$, jedoch ohne Winkelangaben; ihr Zeichen läßt sich aus den Zonen nicht bestimmen, da für die eine Zone $[h10, 001]$ die Grundlagen unsicher sind. Brooke[9]) und Rammelsberg[8]) (l. c. 127) haben später die Messungen durch einige weitere Angaben ergänzt. Dufet[2]) (l. c. 79 bzw. 610) beobachtete die Formen $m\{110\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $\xi\{83\bar{8}\}$.

Fig. 868.

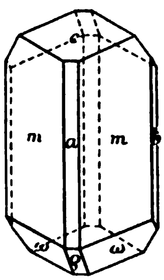
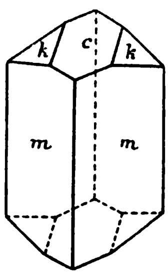



Fig. 869.




| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Mitscherlich: | Brooke: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *112° 4′ | 112° 10′ | 112° 30′ | 112° 16′ |
| $n : n = (310) : (3\bar{1}0) =$ | 52° 40′ | — | {56 30 / 49 43 | — | — |
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *58 36 | — | 58 46 | — |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | — | *50 22 | 50 48 | 50 48 | — |
| $k : k = (023) : (0\bar{2}3) =$ | 77 45 | — | 76 15 | — | 75 48 |

9) Brooke, Annals of Philos. 1823, 22, 286.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Mitscherlich: | Brooke: | Rammelsberg: |
|---|---|---|---|---|---|
| $o:c = (111):(001)$ | $= 44°24'$ | — | — | — | — |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001)$ | $= 67\ 34$ | 67°34' | — | 67°33' | — |
| $\omega:\varrho = (11\bar{1}):(10\bar{1})$ | $= 53\ 16$ | 53 18 | — | — | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | $= 74\ 42$ | — | 73°42' | — | — |
| $\xi:\varrho = (83\bar{8}):(10\bar{1})$ | $= 26\ 41$ | 26 38 | — | — | — |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet nach Dufet[2]) ca. 31° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; deutliche geneigte Dispersion. Brechungsindices nach Dufet z. Teil indirect bestimmt:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ | $2E$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4290 | 1,4330 | 1,4341 | 54°38' | — |
| *Na*: | 1,4321 | 1,4361 | 1,4373 | 56 43 | 86°1' |
| *Tl*: | 1,4348 | 1,4389 | 1,4402 | 58 9 | — |

Die approximativen älteren Angaben von Miller (Trans. Cambridge Philos. Soc. 1842, 7, 211) und Des Cloizeaux (Nouv. Rech. 156) sind durch vorstehende genaue optische Untersuchung erledigt.

### Hydrogendinatriumorthoarsenat-(Dinatriumarsenat-)Dodekahydrat = $AsO_4Na_2H \cdot 12H_2O$.

Spec. Gew. 1,668 Dufet[2]).

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 1{,}7499:1:1{,}4121; \quad \beta = 121°49' \text{ Dufet}^{2)}.$$

Zuerst gemessen von Mitscherlich[3]) und mit dem vorhergehenden Phosphate gemeinsam beschrieben. Die Krystalle zeigen nach Dufet (l. c. 90 bzw. 613) die Formen $c\{001\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\xi\{83\bar{8}\}$, $\zeta\{41\bar{1}\}$, $l\{410\}$ (nicht meßbar und nur durch die Zonen bestimmt) und eine weitere etwas zweifelhafte Form $t\{058\}$, möglicher Weise $k\{023\}$ entsprechend.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Mitscherlich: |
|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = — | *112° 4' | 112°10' |
| $l:l = (410):(4\bar{1}0)$ | = 34°21' | — | — |
| $t:c = (058):(001)$ | = 36 52 | 36 49 | — |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001)$ | = — | *50 4 | 50 48 |
| $m:c = (110):(001)$ | = — | *72 53 | — |
| $m:\varrho = (110):(10\bar{1})$ | = 79 56 | 79 58 | — |
| $\xi':c = (\bar{8}38):(001)$ | = 55 1 | 55 1 | — |
| $\xi:\varrho = (83\bar{8}):(10\bar{1})$ | = 26 42 | 26 44 | — |
| $\zeta:\varrho = (41\bar{1}):(10\bar{1})$ | = 18 32 | 18 35 | — |

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet ca. 1° mit der $c$-Axe im spitzen Winkel $\beta$; horizontale Dispersion gering; Brechungsindices nach Dufet[2]) z. Teil indirect bestimmt:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ (aus $2H_o$ u. $\beta$) |
|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,4420 | 1,4462 | 1,4480 | 65°13' |
| *Na*: | 1,4453 | 1,4496 | 1,4513 | 65 13 |
| *Tl*: | 1,4482 | 1,4513 | 1,4545 | 65 12 |

Richtung der größten diëlektrischen Polarisation $\perp\{001\}$, der mittleren $\perp\{010\}$; Diëlektricitätsconstanten: $k_1 = 7{,}26$, $k_2 = 5{,}91$, $k_3 = 5{,}28$ nach Borel[10]).

10) Borel, Compt. rend. 1893, **116**, 1509. Arch. sc. phys. nat. Genève 1893, **30**, 422. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **25**, 383.

### Natriumorthovanadat-(Trinatriumvanadat-)Dekahydrat = $VO_4Na_3.10H_2O$.

**Kubische Modification.**

Nach Baker[1]) zeigen die Krystalle herrschend $m\{110\}$, bisweilen auch Flächen von $o\{111\}$. Brechungsindex nach Baker:

1,5244 (*Li*) 1,5305 (*Na*) 1,5366 (*Tl*).

**Hexagonale Modification.**

Nach Baker[1]) Tafeln nach $c\{0001\}$ mit $a\{10\bar{1}0\}$. Brechungsindices:

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $\omega$ = | 1,5332 | 1,5398 | 1,5460 |
| $\varepsilon$ = | 1,5408 | 1,5475 | 1,5537 |

### Natriumorthophosphat-(Trinatriumphosphat-)Dodekahydrat = $PO_4Na_3.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,645 Dufet[2]).

Trigonal.

Die Krystalle sind nach Dufet[2]) (l. c. 79 bzw. 610) und Baker[1]) Prismen $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$ mit $c\{111\}$, nach Letzterem auch mit Andeutungen eines Rhomboëders.

Brechungsindices für *Na*: $\omega = 1,4458$ $\varepsilon = 1,4524$ nach Dufet.
$\omega = 1,4486$ $\varepsilon = 1,4539$ nach Baker.

### Natriumorthoarsenat-(Trinatriumarsenat-)Dodekahydrat = $AsO_4Na_3.12H_2O$.

Spec. Gew. 1,759 Dufet[2]).

Trigonal.

Nach Dufet[2]) und Baker[1]) Prismen $m\{\bar{2}11\}$ mit $c\{111\}$.

Brechungsindices: $\omega = 1,4567$ $\varepsilon = 1,4662$ für *Na* nach Dufet[2]).

| | *Li* | *Na* | *Tl* | |
|---|---|---|---|---|
| $\omega$ = | 1,4553 | 1,4589 | 1,4624 | nach Baker[1]) |
| $\varepsilon$ = | 1,4630 | 1,4669 | 1,4704 | |

### Natriumorthovanadat-(Trinatriumvanadat-)Dodekahydrat = $VO_4Na_3.12H_2O$.

Trigonal.

Nach Baker[1]) Prismen $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$ mit $c\{111\}$ und Andeutungen eines Rhomboëders.

Brechungsindices:

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $\omega$ = | 1,5040 | 1,5095 | 1,5150 |
| $\varepsilon$ = | 1,5173 | 1,5232 | 1,5293 |

### Natriumorthophosphat-Natriumfluorid = $2PO_4Na_3.NaF.19H_2O$.

Spec. Gew. 2,217 Briegleb[11]).

Kubisch.

Bildet sich aus der Lösung eines Gemenges von Natriumphosphat, Soda und Natriumfluorid. Es sind nach Briegleb[11]), welcher das Salz unter der Formel $PO_4Na_3.NaF.12H_2O$ beschrieb, Oktaëder $o\{111\}$ mit untergeordnetem $a\{100\}$ und $m\{110\}$, nach Rammelsberg[12]), welcher ihm $18H_2O$ zuschrieb, Oktaëder $o\{111\}$; Baker[1]), welcher obige Formel feststellte, beobachtete neben $o\{111\}$ untergeordnet $m\{110\}$.

Brechungsindices nach Baker[1]):

$n$ = 1,4489 (*Li*) 1,4519 (*Na*) 1,4545 (*Tl*).

---

11) Briegleb, Annalen d. Chemie u. Pharm. 1855, **97**, 95.
12) Rammelsberg, Poggendorffs Annalen d. Phys. 1866, **127**, 158.

**Natriumorthoarsenat-Natriumfluorid = $2AsO_4Na_3.NaF.19H_2O$.**

Kubisch.

Krystalle nach Briegleb[1]) und Baker[1]) aus der Lösung eines Gemenges von Natriumarsenat, Natriumhydroxyd und Natriumfluorid in der Form glänzender Oktaëder $o\{111\}$.

Brechungsindices nach Baker:

$$n = 1{,}4657\ (Li) \qquad 1{,}4693\ (Na) \qquad 1{,}4726\ (Tl).$$

**Natriumorthovanadat-Natriumfluorid = $2VO_4Na_3.NaF.19H_2O$.**

Kubisch.

Nach Baker[1]) Oktaëder $o\{111\}$ mit untergeordnetem $m\{110\}$.

Brechungsindices:

$$n = 1{,}5171\ (Li) \qquad 1{,}5230\ (Na) \qquad 1{,}5284\ (Tl).$$

## Orthosulfovanadate, -arsenate usw. einwertiger Metalle.

Das orthosulfophosphorsaure Kalium $PS_4K_3$ ist noch nicht in meßbaren Krystallen dargestellt worden, und das Gleiche gilt für die entsprechende Vanadinverbindung $VS_4K_3$; dagegen ist die Krystallform von **Ammoniumorthosulfovanadat** = $VS_4(NH_4)_3$ als monoklin festgestellt worden, und von diesem Salze erhielten Krüß und Ohnmais[1]) auch Mischkrystalle, in welchen ca. $\frac{1}{5}$ des Ammoniums durch Kalium ersetzt war; diese zeigten nach Neufville[1]) den gleichen Prismenwinkel, aber eine stark abweichende Endfläche und bedürfen jedenfalls nochmaliger Untersuchung. Cuproorthosulfovanadat = $VS_4Cu_3$ findet sich in der Natur als Sylvanit, aber nicht in meßbaren Krystallen; die entsprechende Arsenverbindung, **Cuproorthosulfoarsenat** = $AsS_4Cu_3$, bildet das rhombisch krystallisierte Mineral Enargit, eine zweite, durch ihre physikalischen Eigenschaften unterschiedene, aber nicht in Krystallen bekannte Modification derselben Substanz den Luzonit, und dem letzteren entspricht der ebenfalls nur derb vorkommende Famatinit.

Zahlreichere Untersuchungen liegen über hierhergehörige wasserhaltige Sulfosalze vor, und zwar auch über solche, in denen nur ein Teil des Sauerstoffs durch Schwefel vertreten ist. Ein derartiges und zugleich saures Salz ist dasjenige mit dem niedrigsten Wassergehalte: **Pentahydrogennatriumtrisulfopentaoxydiorthoarsenat-Monohydrat** = $As_2S_3O_5NaH_5.H_2O$, welches hexagonal krystallisiert. Von dem einfacher zusammengesetzten **Hydrogendinatriumorthomonosulfoarsenat-Oktohydrat** = $AsSO_3Na_2H.8H_2O$ sind nur die Elemente der triklinen Krystalle bekannt. Mit demselben Wassergehalte krystallisiert monoklin das normale **Natriumorthosulfarsenat-Oktohydrat** = $AsS_4Na_3.8H_2O$; isomorphe Mischungen desselben mit der entsprechenden Selenverbindung hat Melczer[2]) gemessen; ihre meist nur

1) Krüß u. Ohnmais (Krystallbest. v. de Neufville), Ann. d. Chemie 1891, **268**, 48. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **23**, 318.

2) Melczer, Zeitschr. f. Krystall. 1898, **29**, 146.

unvollkommenen und wenig flächenreichen Krystalle ergaben Werte, welche der Isomorphie der Schwefel- und Selenverbindung entsprechen. Kaliumorthosulfophosphat-Oktohydrat = $PS_4K_3 . 8H_2O$ krystallisiert sehr gut, ist aber nicht gemessen worden. Das durch seine optische Activität ausgezeichnete Schlippesche Salz, **Natriumorthosulfoantimonat-Enneahydrat** = $SbS_4Na_3 . 9H_2O$ gehört der niedrigst symmetrischen Klasse des kubischen Systems an und würde noch ein weiteres Studium des Zusammenhanges seiner Form mit dem Sinne des Drehungsvermögens verdienen. Den höchsten Wassergehalt haben endlich die beiden isomorphen, rhombisch krystallisierenden Körper: **Natriumorthomonosulfo-** und **-monoselenoarsenat-Dodekahydrat** = $AsSO_3Na_3 . 12H_2O$ und $AsSeO_3Na_3 . 12H_2O$.

### Ammoniumorthosulfovanadat = $VS_4(NH_4)_3$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,1634 : 1 : 1,0165; \quad \beta = 90^\circ 27'$ Rosický.

Zuerst dargestellt von Krüß und Ohnmais[1]) und gemessen von Neufville, welcher die Krystalle für rhombisch hielt und eine meist vorherrschende rhombische Bipyramide {111} (wahrscheinlich die Combination $o\{111\}$, $\omega\{\bar{1}11\}$), häufig sehr unsymmetrisch ausgebildet, ferner $a\{100\}$, $q\{011\}$ und $m\{110\}$ beobachtete. Rosický (Privatmitt.) untersuchte ein Präparat von Prandtl, welches nur die Formen $m\{110\}$ und $a\{100\}$ in prismatischer Ausbildung und an einem Ende der Prismen $o\{111\}$ zeigte.

| | Berechnet: | Beobachtet: Rosický: | Neufville: |
|---|---|---|---|
| $m : a = (110) : (100) =$ | — | *49° 19′ | — |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *74 39 | 74° 59′ |
| $o : m = (111) : (110) =$ | 36° 37′ | 36 15 | 36 44 |
| $o : m' = (111) : (\bar{1}10) =$ | — | *83 17 | — |
| $o : a = (111) : (100) =$ | 58 16 | — | 58 35 |
| $q : q = (011) : (01\bar{1}) =$ | 89 4 | — | 89 4 |

Undurchsichtig; metallische Oberflächenfarbe grünlich stahlblau.

### Cuproorthosulfoarsenat (Enargit) = $AsS_4Cu_3$.

Spec. Gew. 4,36—4,47 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,8694 : 1 : 0,8308$ Stevanovič (nat. Kryst.).

Die zuweilen recht flächenreichen Krystalle dieses Minerales zeigen vorherrschend {100}, {110}, {120}, {130}, {010} und {001}; häufig pseudohexagonale Drillinge nach {120}.

Spaltbarkeit nach {110} vollkommen, nach {100} und {010} deutlich.
Undurchsichtig, metallisch schwarz.

### Pentahydrogennatriumtrisulfopentaoxydiorthoarsenat-Monohydrat = $As_2S_3O_5NaH_5 . H_2O$.

Hexagonal. $a : c = 1 : 7,6010$ Vrba[2]).

Nach Vrba zeigen die von Preis[3]) dargestellten granatroten Krystalle herrschend $c\{0001\}$ und außerdem $o\{10\bar{1}1\}$ und $a\{10\bar{1}0\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : c = (10\bar{1}1) : (0001) =$ | — | *83° 30′ |
| $o : o = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) =$ | 59° 34′ | 59 3 |

Doppelbrechung negativ.

### Hydrogendinatriumorthomonosulfoarsenat-Oktohydrat = $AsSO_3Na_2H . 8H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a : b : c = 1{,}0334 : 1 : 1{,}0706 \text{ Vrba}^{3)}.$$

$$\alpha = 94^\circ 25', \quad \beta = 114^\circ 7', \quad \gamma = 87^\circ 28'.$$

Vrba (l. c. 183 bzw. 190) hat von Preis[3]) dargestellte Krystalle gemessen, ohne jedoch die beobachteten Formen und eine Beschreibung mitzuteilen.

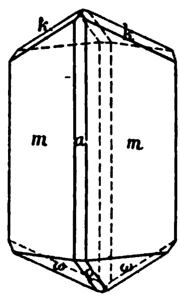
### Natriumorthosulfoarsenat-Oktohydrat = $AsS_4Na_3 . 8H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}6675 : 1 : 0{,}5278; \quad \beta = 103^\circ 22'$ Worobieff.

Wiederholt gemessen von Rammelsberg[4]), welcher bei der letzten Untersuchung[5]) die Formen $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, untergeordnet $k\{021\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\xi\{11\bar{2}\}$ beobachtete. Nach einer unveröffentlichten Untersuchung von Worobieff im Lab. d. Verf. sind die von Weinland dargestellten Krystalle Prismen $m\{110\}$, am Ende mit $\omega\{11\bar{1}\}$ und $k\{021\}$, seltener mit $a\{100\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ (Fig. 870); $c\{001\}$ wurde nur sehr untergeordnet an vereinzelten Krystallen beobachtet.

Fig. 870.




| | Berechnet: | Beobachtet: Worobieff: | Rammelsberg: | |
|---|---|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *66° 0′ | 66° 20′ | |
| $a : c = (100) : (001) =$ | 76° 38′ | 76 39 | — | |
| $a : \varrho = (100) : (10\bar{1}) =$ | 60 6 | 60 3 | — | |
| $k : c = (021) : (001) =$ | 45 46 | 45 45 | 45 40 | |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *78 50 | 79 30 | |
| $m : \varrho = (110) : (10\bar{1}) =$ | 65 16 | 65 19 | — | |
| $k : a = (021) : (100) =$ | 80 43 | 80 41 | — | |
| $k : m = (021) : (110) =$ | 75 13 | 75 6 | — | |
| $k : m = (02\bar{1}) : (110) =$ | 58 18 | 58 26 | — | |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *49 10 | — | |
| $\omega : m = (11\bar{1}) : (110) =$ | 52 38 | 52 39 | 53 | ca. |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 48 32 | 48 26 | 46½ | ca. |
| $\omega' : k = (\bar{1}11) : (021) =$ | 40 32 | 40 25 | — | |
| $\xi' : m = (\bar{1}12) : (110) =$ | 29 8 | — | 32 10 | |

Doppelbrechung negativ, schwach; Axenebene $b\{010\}$; die 1. Mittellinie bildet 81° 11′ mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; Worobieff fand ferner für $Na$-Licht: $\beta = 1{,}6802$, $2V = 87^\circ 44'$.

Pleochroïsmus sehr schwach.

3) Preis (Krystallbest. v. Vrba), Ann. d. Chemie 1890, **257**, 189. Ausz. Zeitschr. f. Krystallogr. **21**, 191.

4) Rammelsberg, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1853, **90**, 40.

5) Rammelsberg, Handb. d. krystall.-phys. Chemie, Leipzig 1881, **1**, 606.

### Natriumorthosulfoantimonat-Enneahydrat = $SbS_4Na_3 . 9H_2O$ (Schlippesches Salz).

Kubisch (tetraëdrisch-pentagondodekaëdrisch).

Die Krystalle sind nach Rammelsberg[6]) Tetraëder $o\{111\}$ mit untergeordnetem $\omega\{1\bar{1}1\}$, $m\{110\}$ und Flächen eines Pentagondodekaëders. Marbach[7]) beobachtete herrschend $o\{111\}$, untergeordnet $\omega\{1\bar{1}1\}$, $m\{110\}$ und entweder $n\{201\}$ oder $\nu\{210\}$ oder beide gleichzeitig auftretend, aber in verschiedener Größe. Die beiden letzteren Formen fand auch Kurnakow[8]), während Wyrouboff[9]) noch $a\{100\}$ hinzufügte.

Nach Wyrouboff zeigen die Krystalle die Erscheinung der optischen Anomalien und Sectorenbildung auf Schnitten parallel einer Fläche von $\{100\}$ oder $\{111\}$.

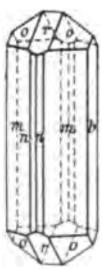
Die Drehung der Polarisationsebene beträgt nach Marbach[7]) für mittlere Farben 2,7°, und zwar ist der Sinn derselben rechts, wenn $o\{111\}$ mit dem rechten Pentagondodekaëder, links, wenn $o\{111\}$ mit dem linken Pentagondodekaëder combiniert ist. Bei gleichzeitigem Auftreten beider Pentagondodekaëder ist meist das herrschende Pentagondodekaëder für den Sinn der Drehung maßgebend.

### Natriumorthomonosulfoarsenat-Dodekahydrat = $AsSO_3Na_3 . 12H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a : b : c = 0{,}9199 : 1 : 0{,}6602 \text{ Viola.}$$

Fig. 871.




Die von Weinland und Rumpf[10]) dargestellten Krystalle sind nach Viola (Privatmitteilung) Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$, am Ende mit $o\{111\}$ und $r\{101\}$; selten ist $n\{210\}$ (Fig. 871).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *85° 13′ |
| $r : r = (101) : (\bar{1}01) =$ | 71° 20′ | 71 47 |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0) =$ | 49 23 | 49 19 |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | 56 25 | 56 56 |
| $o : o_, = (111) : (11\bar{1}) =$ | — | *91 26½ |
| $o : o' = (111) : (\bar{1}11) =$ | 63 50 | 63 9 |
| $r : m = (101) : (110) =$ | 64 35 | 64 53 |
| $r : n = (101) : (210) =$ | 58 1 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ unvollkommen.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie die $c$-Axe;

$$\beta = 1{,}5983; \; 2V \text{ (aus } 2H \text{ und } \beta) = 79° 23'.$$

### Natriumorthomonoselenoarsenat-Dodekahydrat = $AsSeO_3Na_3 . 12H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a : b : c = 0{,}9284 : 1 : 0{,}6409 \text{ Viola.}$$

6) Rammelsberg, Handb. d. krystallogr. Chemie, Berlin 1855, 201.

7) Marbach, Poggendorffs Ann. d. Phys. 1856, 99, 451.

8) Kurnakow, Verh. k. russ. min. Gesellsch. (2) 16, Sitzungsprotokolle 1880, 331. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 5, 592.

9) Wyrouboff, Ann. chim. phys. 1886, (6) 8, 444. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 14, 107.

10) Weinland u. Rumpf, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1897, 14, 45.

Die von Weinland und Rumpf[10]) (l. c. 49) dargestellten Krystalle sind nach Viola (Privatmitteilung) Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$, am Ende mit $o\{111\}$ und $r\{101\}$; selten findet sich $n\{210\}$ (Fig. 870).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *85° 45′ |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 69° 14′ | 71 22 |
| $n:n = (210):(2\bar{1}0) =$ | 49 48 | — |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 55 37 | 59 3 |
| $o:o_{,} = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *93 25½ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 60 20 | 62 36 |
| $r:m = (101):(110) =$ | 65 24 | 65 21 |
| $r:n = (101):(210) =$ | 58 59 | 58 42 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ unvollkommen.
Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; 1. Mittellinie $c$-Axe.

## Wasserfreie Orthophosphate usw. zweiwertiger, sowie ein- und zweiwertiger Metalle und deren Halogenverbindungen.

Das einzige $\frac{1}{3}$-gesättigte Salz, welches bisher krystallographisch untersucht wurde, ist das rhombische **Tetrahydrogenbaryumdiorthophosphat** (Monobaryumphosphat) = $(PO_4)_2BaH_4$.

Vollständiger ist durch neuere Untersuchungen von Schulten die Kenntnis der $\frac{2}{3}$-gesättigten Salze: **Hydrogencalciumorthophosphat** (Dicalciumphosphat) = $PO_4CaH$ krystallisiert triklin; als Mineral Monetit kommt es nicht in deutlichen Krystallen vor; damit ist wahrscheinlich isomorph **Hydrogencalciumorthoarsenat** (Dicalciumarsenat) = $AsO_4CaH$, welches Goguel[1]) durch Erhitzen von $CO_3Ca$ in Arsensäurelösung auf 150°—200° in kleinen, triklinen Krystallen erhielt; da diese nur drei Pinakoide (mit den Winkeln 56° 58′, 82° 8′ und 77° 3′) zeigten, ist es nicht möglich, sie auf die Form des Phosphates zu beziehen; die von Schulten dargestellten Krystalle waren nicht meßbare dünne Täfelchen. **Hydrogenstrontiumorthophosphat** (Distrontiumphosphat) = $PO_4SrH$ krystallisiert rhombisch, **Hydrogenstrontiumorthoarsenat** (Distrontiumarsenat) = $AsO_4SrH$ dagegen triklin, wie Dicalciumphosphat. **Hydrogenbaryumorthophosphat** (Dibaryumphosphat) = $PO_4BaH$ bildet rhombische Krystalle mit ähnlichen Axenverhältnissen, wie $PO_4SrH$, aber von ganz anderer Ausbildung. Das entsprechende **Hydrogenbaryumorthoarsenat** (Dibaryumarsenat) = $AsO_4BaH$ erhielt Schulten nur in nicht meßbaren dünnen Täfelchen, Goguel[1]) (l. c. 15) dagegen in triklinen Krystallen der Combination: $\{001\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{110\}$, $\{010\}$; $(110):(010) = 56° 16′$, $(110):(1\bar{1}0) = 56° 30′$, $(1\bar{1}0):0\bar{1}0) = 67° 11′$, $(110):(001) = 103° 23\frac{1}{2}′$, $(1\bar{1}0):(010) = 85° 4′$; diese Zahlen gestatten keine vollständige Berechnung der Elemente und zeigen auch keine in die Augen fallende Übereinstimmung mit denen des Distrontiumphos-

1) Goguel, Contrib. à l'ét. d. arsén. et antim. Bordeaux 1894, 8. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 30, 205.

phates, mit dem das Salz wahrscheinlich isomorph ist. **Hydrogenbleiorthophosphat** (Dibleiphosphat) = $PO_4PbH$ und **Hydrogenbleiorthoarsenat** (Dibleiarsenat) = $AsO_4PbH$ krystallisieren in übereinstimmenden monoklinen Formen; ob die von Haushofer[2]) beschriebenen rhombischen Täfelchen von 102° eine andere Modification darstellen, kann nicht entschieden werden. Wie aus vorstehendem ersichtlich, treten in der Gruppe der analog zusammengesetzten, $\frac{2}{3}$-gesättigten phosphorsauren und arsensauren Salze von *Ca*, *Sr*, *Ba* und *Pb* drei verschiedene Formen, rhombische, monokline und trikline auf, welche sich (nach der von Schulten ihnen gegebenen Aufstellung) auf ziemlich ähnliche Axenverhältnisse zurückführen lassen; bei der großen Verschiedenheit der Ausbildung, welche selbst zwei Salze derselben Symmetrie zeigen ($PO_4SrH$ und $PO_4BaH$), bedarf es noch weiterer Untersuchung dieser Gruppe, besonders auch der Darstellung von Mischkrystallen, um die hier vorliegenden Polymorphieverhältnisse aufzuklären.

Ein saures Zinkorthoarsenat von der complicierten Formel $(AsO_4)_4Zn_5H_2$ erhielt Goguel[1]) (l. c. S. 23) in dünnen, rhomboidischen Täfelchen von 130° mit Spaltbarkeit nach einer Seite und mit einer schiefen Abstumpfung; Auslöschungsschiefe ca. 14° zur Spaltbarkeit geneigt, eine optische Axe nahe senkrecht zur Tafelfläche, also wahrscheinlich triklin.

Normale Salze sind unter den Mineralien der monokline Graftonit, eine isomorphe Mischung von der Zusammensetzung $(PO_4)_2(Fe, Mn, Ca)_3$, der kubische Berzeliit = $(AsO_4)_2(Ca, Mg, Mn)_3$ und der ebenfalls kubische Monimolit = $(SbO_4)_2Pb_3$. Das Bleiorthophosphat = $(PO_4)_2Pb_3$, welches sich durch längeres Schmelzen von Pyromorphit bildet, scheint nach Haushofer[3]) Aggregate lamellarer, rhombischer oder monokliner Krystalle zu bilden. Zinkorthophosphat- und -arsenat erhielt Schulten[4]) durch Schmelzen der Salze mit $ZnCl_2$ in rhombischen Prismen. Das **Cupriorthoarsenat** = $(AsO_4)_2Cu_3$ beschrieb Goguel[1]) (l. c. 31) als monokline Prismen oder Täfelchen nach (010), deren mikroskopische Messung ergab: (100):(001) = 78°24′ ($\bar{1}$01):(001) = 37°36′; Ebene der optischen Axen {010}, $\underline{a} = c$ = 23° im spitzen Winkel $\beta$, durch (100) ein Axenbild sichtbar, darnach $\underline{a}$ 1. Mittellinie; Pleochroïsmus: $\underline{c}$ grün, $\underline{c}$ blau. Endlich erhielt Derselbe (l. c. 40) auch **Mercuriorthoarsenat** = $(AsO_4)_2Hg_3$ in gelben, monoklinen, dünnen Prismen {110} mit {100}, {010}, {111} und einer nicht meßbaren Form $\{\bar{h}k\bar{l}\}$; (110):(1$\bar{1}$0) = 79°59′, (111):(1$\bar{1}$1) = 47°18′; Doppelbrechung positiv, Axenebene {010}, 1. Mittellinie 18° zur $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt, durch {100} ein Axenbild sichtbar.

Die Orthophosphate, in welchen die drei Wasserstoffatome durch ein zwei- und ein einwertiges Metallatom ersetzt werden, sind durch folgende Mineralien vertreten: Beryllonit, **Natriumberylliumorthophosphat** = $PO_4BeNa$,

---

2) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1880, **4**, 56.
3) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1883, **7**, 264.
4) A. de Schulten, Bull. soc. chim. Paris 1889, (3) **2**, 300.

welcher rhombisch, mit pseudohexagonalem Charakter der Structur, krystallisiert; ebenfalls rhombisch und mit ähnlichem Axenverhältnisse $b:c$, aber ohne Annäherung an hexagonale Symmetrie, krystallisieren Natrophilit $= PO_4MnNa$, Lithiophilit $= PO_4MnLi$ und Triphylin $= PO_4(Fe, Mn)Li$, von welchen drei, unzweifelhaft isomorphen Mineralien auch die beiden ersteren eine Beimischung der entsprechenden Ferroverbindung enthalten. Die dem Beryllonit entsprechende Kaliumverbindung $PO_4BeK$ bildet nach Des Cloizeaux[5]) rhombische Prismen mit positiver Doppelbrechung und einem kleinen Axenwinkel $2E = 28°$, $\varrho > v$; dieselbe wäre gewiß in meßbaren Krystallen zu erhalten.

Als ein basisches Salz der Orthophosphorsäure wird gewöhnlich der wesentliche Bestandteil der Thomasschlacke, das monoklin krystallisierte **Tetracalciumphosphat** $= P_2O_9Ca_4$ bezeichnet, obgleich auch Gründe dafür sprechen, diese Verbindung als das normale Salz einer Säure $(OH)_4P.O.P(OH)_4$ anzusehen, zu deren Salzen vielleicht noch andere der im folgenden behandelten, bisher als basische Orthophosphate betrachteten Verbindungen gehören.

Die Zusammensetzung eines Orthophosphates, in welchem das dritte Wasserstoffatom der Säure durch eine einwertige Gruppe $-M-OH$ ersetzt ist, besitzt das monokline Mineral Hydroherderit, **Hydroxyberylliumcalciumphosphat** $= PO_4Ca(Be.OH)$; damit isomorph ist der Herderit, welcher sich chemisch dadurch unterscheidet, daß eine wechselnde Menge des Hydroxyls durch Fluor vertreten wird; darnach müßte die unbekannte Verbindung $PO_4Ca(BeF)$ ebenfalls mit diesen beiden Mineralien isomorph sein. Eine dem letzterwähnten Körper analoge Constitution ist jedenfalls auch zuzuschreiben dem Wagnerit, dem **Magnesiumfluorophosphat** $= PO_4FMg_2 = PO_4Mg(MgF)$; mit der monoklinen Krystallform dieses Minerales übereinstimmend erwies sich diejenige des Triploidits, eines Hydroxymanganophosphates von der Formel $PO_4Mn(Mn.OH)$, in welcher ein nicht unbeträchtlicher Teil des $Mn$ durch $Fe$ ersetzt ist; die Entdeckung dieser Übereinstimmung durch Brush und E. S. Dana veranlaßte die Annahme einer isomorphen Vertretung von Fluor durch Hydroxyl, durch welche Annahme die chemische Zusammensetzung zahlreicher in der Natur vorkommender Phosphate und Silicate ihre Erklärung fand. Während das Hydroxymanganophosphat nur in isomorpher Mischung bekannt ist, findet sich das **Hydroxymanganoarsenat** $= AsO_4Mn(Mn.OH)$ als Sarkinit (Polyarsenit) in reinem Zustande; die Axenverhältnisse dieses Minerales sind denen des Triploidits ähnlich, der Axenwinkel $\beta$ weicht jedoch bedeutend ab, daher die Isomorphie beider Mineralien noch der Prüfung bedarf. Das Gleiche gilt für die gewöhnlich angenommene Isomorphie des Wagnerits mit dem Herderit bzw. Hydroherderit, dessen Formen sich vielleicht unter Vereinfachung ihrer Symbole auf Elemente zurückführen ließen, welche sich

5) Des Cloizeaux, Ann. chim. phys. 1886, (6) 8, 212.

wenig von denen des Wagnerits unterscheiden. Eine nahe Verwandtschaft in krystallographischer Beziehung zeigt mit dem Wagnerit auch der Adelit, **Hydroxymagnesiumcalciumarsenat** $= AsO_4Ca(Mg.OH)$; die entsprechende Fluorverbindung $AsO_4Ca(MgF)$, der Tilasit, ist nicht in Krystallen gefunden worden. Durch Schmelzen von $PO_4(NH_4)_3$ mit $MgF_2$ und einem Überschusse von $MgCl_2$ erhielten Deville und Caron[6]) monokline Krystalle mit Winkeln, welche denen der Formen {110}, {120} {100}, {001}, {101} und {021} des Wagnerits ähnlich sind, deren Angaben aber einige Widersprüche enthalten; bei Weglassung des Magnesiumfluorids entstand die Verbindung $PO_4Mg_2Cl$; später stellte Ditte[7]) auch die entsprechende Brom- und Jodverbindung sowie den Calcium-Wagnerit $= PO_4Ca(CaCl)$ dar; es liegen aber von diesen Körpern ebensowenig, wie von dem Manganosalze $PO_4Mn(Mn.Cl)$, welches Deville und Caron[6]) erhielten, und von den durch Ditte[7]) und Hautefeuille[8]) dargestellten analogen Arsenaten und Vanadaten Messungen vor. Eine eingehende krystallographische Untersuchung dieser Verbindungen wäre wichtig für die Aufklärung der Verhältnisse der vorher erwähnten Mineralien, namentlich wenn es gelänge, auch die entsprechenden Hydroxylverbindungen darzustellen.

Den Hydroxylverbindungen der vorstehend behandelten Gruppe analog zusammengesetzt sind die folgenden Mineralien; Libethenit, **Hydroxycupriphosphat** $= PO_4Cu(Cu.OH)$, Olivenit, **Hydroxycupriarsenat** $= AsO_4Cu(Cu.OH)$, Adamin, **Hydroxyzinkarsenat** $= AsO_4Zn(Zn.OH)$, und Descloizit, **Hydroxyzinkbleivanadat** $= VO_4Pb(Zn.OH)$; von diesen, sämtlich rhombisch krystallisierenden Salzen sind die drei ersten wohl isomorph, die letzte wenigstens sehr nahe verwandt mit ihnen; dagegen krystallisiert der Tarbuttit, **Hydroxyzinkphosphat** $= PO_4Zn(Zn.OH)$, triklin.

Noch basischere Salze des Kupfers sind die Mineralien Dihydrit, **Tetrahydroxypentacupridiphosphat** $= (PO_4)_2Cu(Cu.OH)_4$, triklin, Phosphorocalcit (Pseudomalachit), **Trihydroxycupriphosphat** $= PO_4(Cu.OH)_3$ von unbekannter Krystallform, und die entsprechende Arsenverbindung Klinoklas, **Trihydroxycupriarsenat** $= AsO_4(Cu.OH)_3$, welche monoklin krystallisiert. Ein überbasisches Salz ist der monokline Allaktit, **Oktohydroxyheptamanganodiarsenat** $= (AsO_4)_2Mn_3.4Mn(OH)_2$.

Außer den oben erwähnten Körpern der Wagneritgruppe existiert noch eine andere, bei weitem wichtigere Gruppe halogenhaltiger Phosphate, welche sich von dem dreifachen Moleküle der Orthophosphorsäure durch Eintritt einer einwertigen, aus einem zweiwertigen Metallatome und einem Halogenatome bestehenden, Atomgruppe für $1H$ ableitet; nach dem verbreitetsten aller natürlichen Phosphate, dem Apatit, wird sie als Apatitgruppe bezeichnet. Die natürlichen Krystalle dieses Minerales sind entweder

6) H. Sainte-Claire Deville u. Caron, Ann. chim. phys. 1863, (3) **67**, 454.
7) Ditte, Compt. rend. 1883, **96**, 575, 846. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 427.
8) Hautefeuille, Compt. rend. 1873, **77**, 896.

**Calciumfluorophosphat** $= (PO_4)_3 Ca_4 (CaF)$ (Fluorapatit) oder eine Mischung mit dem isomorphen **Calciumchlorophosphat** $= (PO_4)_3 Ca_4 (CaCl)$ (Chlorapatit); mit dem Chlorgehalte nimmt das Axenverhältnis $a:c$ zu, und ebenso die Brechungsindices; genaue Werte für die reine Chlorverbindung sind nicht bekannt, auch nicht an synthetisch dargestellten Krystallen, wie sie Manroß[9]) und Ditte[7]) erhielten. Letzterer stellte auch $(PO_4)_3 Ca_4 (CaBr)$ und $(VO_4)_3 Ca_4 (CaJ)$ in hexagonalen Prismen dar, ferner analoge Verbindungen des Strontiums und Baryums, darunter auch diejenigen mit Arsensäure. Das Calciumfluoroarsenat $= (AsO_4)_3 Ca_4 (CaF)$ findet sich in isomorpher Mischung mit der Hydroxyl- und der Chlorverbindung in dem Minerale Svabit, welches ebenfalls in der Krystallform mit dem Apatit übereinstimmt; $(AsO_4)_3 Ca_4 (CaCl)$ wurde von Debray[10]) und von Lechartier[11]) dargestellt, aber nicht gemessen. Die Strontium- und Baryumphosphate hatten vor Ditte auch Deville und Caron[6]) dargestellt, aber ebenfalls keine nähere Krystallbestimmung derselben vorgenommen. **Cadmiumchlorovanadat** $= (VO_4)_3 Cd_4 (CdCl)$ erhielt Schulten[12]) in dünnen, hexagonalen Prismen, spec. Gew. 5,264, Doppelbrechung negativ. Zu der isomorphen Gruppe des Apatits gehören endlich auch die Bleiverbindungen, von welchen die folgenden als Mineralien vorkommen: **Bleichlorophosphat** (Pyromorphit) $= (PO_4)_3 Pb_4 (PbCl)$, **Bleichlorovanadat** (Vanadinit) $= (VO_4)_3 Pb_4 (PbCl)$ und **Bleichloroarsenat** (Mimetesit) $= (AsO_4)_3 Pb_4 (PbCl)$, ferner die isomorphen Mischungen Polysphärit $= (PO_4)_3 Cl (Pb, Ca)_5$, Kampylit $= [(As, P) O_4]_3 Cl Pb_5$, Hedyphan $= (AsO_4)_3 Cl (Pb, Ca, Ba)_5$ und Endlichit $= [(As, V) O_4]_3 Cl Pb_5$.

### Tetrahydrogenbaryumdiorthophosphat (Monobaryumphosphat) = $(PO_4)_2 BaH_4$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7602 : 1 : 0{,}8238$ Dufet[13]).

Das Salz ist leicht aus der Lösung bei Überschuß von Phosphorsäure in Krystallen zu erhalten, welche, wenn sie noch klein sind, nur $m\{110\}$ und $c\{001\}$ zeigen; bei weiterem Wachsen bildet sich $k\{012\}$ und zuweilen untergeordnet $o\{111\}$ und $i\{112\}$, während $m\{110\}$ und $c\{001\}$ gerundet werden.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *74° 29′ |
| $k:c = (012):(001) =$ | — | *22 23 |
| $k:m = (012):(110) =$ | 76° 41′ | 76 39 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 53 42 | 53 59 ca. |
| $i:o = (112):(111) =$ | 18 28 | 18 34 |
| $o:k = (111):(012) =$ | 42 51 | 41 2 ca. |

9) Manroß, Ann. d. Chemie u. Pharm. 1852, **82**, 128.

10) Debray, Ann. chim. phys. 1861, (3) **61**, 428.

11) Lechartier, Compt. rend. 1867, **65**, 172.

12) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1900, **23**, 7. Bull. soc. chim. Par. (3) **28**, 159. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **35**, 643.

13) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1888, **11**, 147. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 444.

### Hydrogencalciumorthophosphat (Dicalciumphosphat) = $PO_4CaH$ (nat. Monetit).

Spec. Gew. 2,928 Schulten[14]).

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0,6467:1:0,8244 \text{ Schulten}^{15)}.$$
$$\alpha = 84^\circ 57', \quad \beta = 90^\circ 17', \quad \gamma = 94^\circ 22'.$$

Schulten[14]) erhielt wasserhelle Täfelchen nach $b\{010\}$ mit den Randflächen $r\{101\}$ (matt), $x\{121\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\xi\{1\bar{2}\bar{1}\}$, $a\{100\}$ durch allmähliches Zufügen von Ammoniak zu einer heißen Lösung von gefälltem Calciumphosphat in Salzsäure, später[16]) aus essigsaurer Lösung über 50° nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ tafelige Combinationen der gleichen Formen und mit $q\{011\}$ und $\xi\{1\bar{2}\bar{3}\}$; nach der Kante $\varrho q[10\bar{1}.011]$ sind diese Krystalle stark verlängert. Die hier adoptierte Stellung wurde von Schulten[15]) wegen der Beziehungen zu den folgenden Salzen gewählt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *85° 38′ |
| $\varrho:b = (10\bar{1}):(010) =$ | — | *83 27 |
| $\xi:b' = (1\bar{2}\bar{1}):(0\bar{1}0) =$ | — | *47 41 |
| $x:b = (121):(010) =$ | — | *44 15 |
| $x:\xi' = (121):(\bar{1}21) =$ | — | *68 57 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 38° 6′ | 38 6 |
| $x:a = (121):(100) =$ | 52 55 | 52 41 |
| $\xi:a = (1\bar{2}\bar{1}):(100) =$ | 58 8 | 57 57 |
| $r:\varrho = (101):(10\bar{1}) =$ | 76 16 | 76 0 ca. |
| $r:b = (101):(010) =$ | 89 40 | 90 0 » |
| $q:\varrho = (011):(10\bar{1}) =$ | 65 0 | 64 53 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 87 10 | 87 12 |
| $\zeta:\varrho = (1\bar{2}\bar{3}):(10\bar{1}) =$ | 40 6 | 40 9 |
| $\zeta:a = (1\bar{2}\bar{3}):(100) =$ | 70 42 | 71 7 |

Eine Schwingungsrichtung in $\varrho\{10\bar{1}\}$ nahe parallel der Kante $\varrho q[10\bar{1}.011]$, in $b\{010\}$ zur Kante $rb[101.010]$ 23° und in $a\{100\}$ zur Kante $ab[100.010]$ 30° geneigt.

### Hydrogenstrontiumorthophosphat (Distrontiumphosphat) = $PO_4SrH$.

Spec. Gew. 3,544 Schulten[15]).

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,6477:1:0,8581 \text{ Schulten}^{15)}.$$

Nach derselben Methode, wie beim Calciumsalze, oder durch Erhitzen einer Lösung von $CO_3Sr$ in wässeriger Phosphorsäure auf 150° dargestellt; dünne achtseitige Täfelchen $a\{100\}$ mit den Randflächen: $x\{133\}$, $s\{203\}$, $n\{130\}$, $l\{230\}$, $b\{010\}$ (Schulten l. c. 116).

14) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 323. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 205.

15) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904, **27**, 120. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 190.

16) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904, **26**, 15. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 93.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $x:a = (133):(100) =$ | — | *71° 28′ |
| $x:x_{,} = (133):(13\bar{3}) =$ | — | *92 1 |
| $x:x = (133):(1\bar{3}3) =$ | 76° 16′ | 76 24 |
| $n:a = (130):(100) =$ | 62 46 | 62 42 |
| $l:a = (230):(100) =$ | 44 10 | 44 11 |
| $s:a = (203):(100) =$ | 48 33 | 48 23 |

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$.

### Hydrogenstrontiumorthoarsenat (Distrontiumarsenat) = $AsO_4SrH$.

Spec. Gew. 4,035 Schulten[15]).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,6466:1:0,8346$ Schulten[15]).
$\alpha = 86°32'$, $\beta = 90°46'$, $\gamma = 92°4'$.

Schulten (l. c. 117) erhielt diese Verbindung, wie den künstlichen Monetit (S. 820), in nach der $b$-Axe verlängerten Combinationen: $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\xi\{1\bar{2}\bar{1}\}$, $q\{011\}$, $u\{321\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(001) =$ | 87° 58′ | — |
| $a:c = (100):(001) =$ | 89 22½ | — |
| $b:c = (010):(001) =$ | 93 26 | — |
| $\xi:r = (1\bar{2}\bar{1}):(101) =$ | — | *47° 43′ |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *52 36 |
| $r:c = (101):(001) =$ | — | *51 49 |
| $\xi':c = (\bar{1}21):(001) =$ | — | *66 49 |
| $q:r = (011):(101) =$ | — | *61 5 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 41 16 | 41 15 |
| $\xi:a = (1\bar{2}\bar{1}):(100) =$ | 57 12 | 57 8 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 37 33½ | 37 41 |
| $u:\xi' = (321):(\bar{1}21) =$ | 97 8 | 97 31 |
| $q:u = (011):(321) =$ | 64 16 | 64 8 |

Eine Schwingungsrichtung in $a\{100\}$ bildet mit der $b$-Axe ca. 14° im stumpfen Winkel $\alpha$.

### Hydrogenbaryumorthophosphat (Dibaryumphosphat) = $PO_4BaH$.

Spec. Gew. 4,165 Schulten[15]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,7133:1:0,8117$ Schulten[15]).

Die von Schulten (l. c. 110) nach der gleichen Methode, wie die vorhergehenden Salze, dargestellten Krystalle sind kurze Prismen $m\{110\}$, combiniert mit $a\{100\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$ und zuweilen mit kleinen gerundeten Pyramidenflächen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *54° 30′ |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *50 56 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 68° 32′ | 68 30 |

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$.

### Hydrogenbleiorthophosphat (Dibleiphosphat) = $PO_4PbH$.

Spec Gew. 5,661 Schulten[15]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7096:1:0,8715;\quad \beta = 97^\circ 40'$ Schulten[15]).

Dargestellt von Schulten (l. c. 111) durch allmähliche Zufügung einer Lösung von $PO_4Na_2H.12H_2O$ zu einer salpetersauren Lösung von Bleinitrat; nach der $a$-Axe verlängerte Tafeln $b\{010\}$ mit den Randflächen $q\{011\}$, $m\{110\}$, $\xi\{12\bar{2}\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $s\{403\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *54° 53′ |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *49 11 |
| $m':q = (\bar{1}10):(011) =$ | — | *72 56 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 59° 41′ | 59 55 |
| $\omega':q = (\bar{1}11):(011) =$ | 45 39 | 45 37 |
| $\omega:s = (11\bar{1}):(403) =$ | 73 56 | 73 52 |
| $\xi:b = (12\bar{2}):(010) =$ | 51 54 | 52 7 |
| $\xi':q = (\bar{1}22):(011) =$ | 25 55 | 26 0 |
| $\xi:s = (12\bar{2}):(403) =$ | 92 39 | 92 27 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe 37° im stumpfen Winkel $\beta$.

### Hydrogenbleiorthoarsenat (Dibleiarsenat) = $AsO_4PbH$.

Spec. Gew. 6,076 Schulten[15]).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,7212:1:0,8704;\quad \beta = 95^\circ 37'$ Schulten[15]).

Wenn eine Bleinitratlösung mit Dinatriumarsenat gefällt, der Niederschlag mit Salpetersäure gelöst und dann in der Wärme allmählich Ammoniak zugesetzt wird, so bilden sich nach $b\{010\}$ tafelförmige Krystalle mit $m\{110\}$, $q\{011\}$ und untergeordneten Flächen von $\omega\{11\bar{1}\}$ und $i\{11\bar{2}\}$. Goguel[1]) beschreibt die von ihm dargestellten Krystalle als dünne, monokline Blättchen $\{010\}$, begrenzt von $\{110\}$ und $\{011\}$, $\beta = 96^\circ 36'$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *54° 20′ |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *63 46 |
| $q:m' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *71 15 |
| $q:b = (011):(010) =$ | 49° 6′ | 49 13 |
| $\omega:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 35 20 | 35 17 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 59 50 | 60 1 |
| $i:\omega = (11\bar{2}):(11\bar{1}) =$ | 21 0 | 20 59 |
| $i:b = (11\bar{2}):(010) =$ | 68 48 | 68 55 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$; Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe 38° im stumpfen Winkel $\beta$.

### Natriumberylliumorthophosphat (Beryllonit) = $PO_4BeNa$.

Spec. Gew. 2,845 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,5724:1:0,5490$ Dana (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet flächenreiche Krystalle, an denen $\{001\}$, $\{100\}$, $\{010\}$ und $\{101\}$ gewöhnlich vorherrschen; häufig Zwillinge nach $\{110\}$.

Spaltbarkeit nach {001} sehr vollkommen, nach {100} deutlich, nach {010} und {110} unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {100}, Axe *c* 1. Mittellinie; Brechungsindices:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für *Li*: | $\alpha = 1{,}5492$ | $\beta = 1{,}5550$ | $\gamma = 1{,}5604$ | $2E$ beob. $= 120^\circ 26'$ |
| » *Na*: | 1,5520 | 1,5579 | 1,5608 (?) | 121 1 |
| » *Tl*: | 1,5544 | 1,5604 | 1,5636 (?) | 121 24 |

## Tetracalciumphospat = $P_2O_9Ca_4$.

Spec. Gew. 3,06 Bücking und Linck[17]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}5773:1:1{,}255$; $\beta = 90^\circ$ ca. Termier und Richard[18]).

Die Krystalle der Thomasschlacke sind rectanguläre Tafeln nach $b\{010\}$ mit den Randflächen $m\{110\}$ und $q\{011\}$; sie wurden gemessen von Miers[19]), Bücking und Linck, endlich von Termier und Richard, welche durch die Beobachtung von Zwillingslamellen nach $c\{001\}$ und $a\{100\}$ den Nachweis der monoklinen Symmetrie erbrachten.

| | Berechnet: Termier u. Richard: | Beobachtet: Bücking u. Linck: | Miers: |
|---|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | *60° 0′ | 59° 40′ | 59° 10′ |
| $q:b = (011):(010) =$ | 51 49 | 51 35 | 51 25 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$, $a\{100\}$ und $c\{001\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung positiv, ziemlich stark; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie nahe parallel der *c*-Axe, $2V = 20^\circ$ ca. rot, $40^\circ$ ca. blau; mittlerer Brechungsindex = 1,64 (Termier und Richard).

## Hydroxyberylliumcalciumphosphat (Hydroherderit) = $PO_4Ca(Be.OH)$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}6308:1:0{,}4274$; $\beta = 90^\circ 6'$ Penfield (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet flächenreiche Krystalle, an denen die Formen {032}, {39$\bar{1}$}, {001}, {110} und {010} vorherrschen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}; die 1. Mittellinie bildet mit der *c*-Axe $2\frac{1}{2}^\circ$ im spitzen Winkel $\beta$; $2V = 72^\circ$ ($\varrho > v$), $\beta = 1{,}630$ (*Na*).

## Magnesiumfluorophosphat (Wagnerit) = $PO_4Mg(MgF)$.

Spec. Gew. 3,07 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}9145:1:1{,}5059$; $\beta = 108^\circ 7'$ Miller (nat. Kryst.).

Die oft sehr flächenreichen Krystalle dieses Minerals zeigen die Formen: {110}, {210}, {310}, {100}, {001}, {21$\bar{1}$}, {011}, {21$\bar{2}$} u. a.

Spaltbarkeit nach {100} und {110} unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}, 1. Mittellinie nahe parallel der *c*-Axe; $2E = 44^\circ 48'$ rot, $43^\circ 8'$ blau.

17) Bücking u. Linck, Stahl u. Eisen 1887, Nr. 4. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **17**, 218.

18) Termier u. Richard, Bull. soc. fr. min. 1895, **18**, 391. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **27**, 628.

19) Miers, Journ. Chem. Soc. London 1887, **51**, 608. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 520.

**Hydroxymanganoarsenat** (Sarkinit, Polyarsenit) = $AsO_4Mn(Mn.OH)$.

Spec. Gew. 4,18 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2,0017:1:1,5154$; $\beta = 117^\circ 46'$ Flink (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt vorherrschend {100} und {001}, ferner {110}, {021}, {11$\bar{1}$} und {010}.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 54° im spitzen Winkel $\beta$, $2E = 83^\circ$ ca.

**Hydroxymagnesiumcalciumarsenat** (Adelit) = $AsO_4Ca(Mg.OH)$.

Spec. Gew. 3,76 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,0989:1:1,5642$; $\beta = 106^\circ 45'$ Sjögren (nat. Kryst.).

Beobachtete Formen: {001}, {100}, {110}, {011}, {22$\bar{1}$}.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {010}, 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe $38\frac{3}{4}^\circ$ im stumpfen Winkel $\beta$, $2H$ (in Kaliumqueksilberjodidlösung) = $58\frac{3}{4}^\circ$, Dispersion $\varrho > v$.

**Hydroxycupriphosphat** (Libethenit) = $PO_4Cu(Cu.OH)$.

Spec. Gew. 3,7 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9601:1:0,7019$ Rose (nat. Kryst.).

Debray[10]) erhielt die Verbindung durch Erhitzen von Cupriorthophosphat mit Wasser im zugeschmolzenen Rohre; nach Friedel und Sarasin[20]) entsteht dieselbe schon bei 100° in Gegenwart von Kufernitrat oder -sulfat; bei 180° im Rohre mit einem Säureüberschusse erhielten sie meßbare Krystalle mit den Formen $m${110} und $q${011}, welche auch an den natürlichen Krystallen vorherrschen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ = | 87° 40′ | 87° 30′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ = | 70 8 | 70 30 ca. |

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c${001}, 1. Mittellinie Axe $b$; $2V$ = 81° 38′ rot; 81° 8′ gelb, 80° 20′ blau; $\beta$ = 1,739 rot, 1,743 gelb, 1,755 blau (nat. Kryst.).

**Hydroxycupriarsenat** (Olivenit) = $AsO_4Cu(Cu.OH)$.

Spec. Gew. 4,38 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9396:1:0,6726$ Washington (nat. Kryst.).

Von Debray[10]) dargestellt, aber nicht gemessen. Die natürlichen Krystalle sind dünne, prismatische Combinationen von {100}, {110}, {010}, {011}, {101}.

Doppelbrechung positiv; Axenebene {001}, 1. Mittellinie Axe $a$; $2H$ = 105° 5′ rot, 106° 6′ gelb, 109° 47′ blau.

---

20) C. Friedel u. Sarasin, Bull. soc. fr. min. 1879, 2, 157. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 4, 411.

**Hydroxyzinkphosphat** (Tarbuttit) = $PO_4Zn(Zn.OH)$.

Spec. Gew. 4,15 (nat. Kryst.).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}9583:1:1{,}3204$ Spencer (nat. Kryst.).
$\alpha = 102°\,37'$, $\beta = 123°\,52'$, $\gamma = 87°\,25'$.

Das Mineral zeigt vorherrschend {100}, {010}, {001}, eine Reihe anderer Formen untergeordnet.
Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.
Doppelbrechung negativ; 1. Mittellinie ca. 40° (scheinb.) zur Normalen von {001} geneigt; $2E = 80°$—$90°$.

**Hydroxyzinkarsenat** (Adamin) = $AsO_4Zn(Zn.OH)$.

Spec. Gew. 4,475 Schulten[21]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9733:1:0{,}7158$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Durch allmählichen Zusatz von Natriumarsenat zu einer Lösung von Zinksulfat erhielt Schulten[21]) Krystalle der Combination $r\{101\}$, $b\{010\}$, $n\{120\}$.
Das Mineral zeigt die Formen {110}, {101}, {120}, {010} u. a.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 72° 20′ | 72 13′ ca. |
| $n:b = (120):(010) =$ | 26 39 | 26 0 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene {001}, 1. Mittellinie Axe $b$; $2H = 108°\,34'$ rot, $111°\,39'$ blau.

**Hydroxyzinkbleivanadat** (Descloizit) = $VO_4Pb(Zn.OH)$.

Spec. Gew. 6,0 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}6368:1:0{,}8045$ G. vom Rath (nat. Kryst.).

In den mannigfachen Combinationen des Minerals herrscht entweder {110} oder {111} vor.
Ebene der optischen Axen {010}, Axenwinkel groß.

**Tetrahydroxypentacupridiphosphat** (Dihydrit) = $(PO_4)_2Cu(Cu.OH)_4$.

Spec. Gew. 4,4 (nat. Kryst.).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 2{,}8252:1:1{,}5339$ Schrauf (nat. Kryst.).
$\alpha = 89°\,29\frac{1}{2}'$, $\beta = 91°\,\frac{1}{2}'$, $\gamma = 90°\,39\frac{1}{2}'$.

Das Mineral bildet scheinbar monokline Combinationen der Formen: {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {001}, {30$\bar{2}$}, {10$\bar{1}$}, {334} usw.
Doppelbrechung negativ, 1. Mittellinie nahe senkrecht zu {101}.

**Trihydroxycupriarsenat** (Klinoklas) = $AsO_4(Cu.OH)_3$.

Spec. Gew. 4,3—4,4 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}9069:1:3{,}8507$; $\beta = 99°\,30'$ Phillips (nat. Kryst.).

21) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 91. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 97.

Beobachtete Formen des Minerals: {110}, {001}, {30$\bar{2}$}, {101}, {100}, {11$\bar{1}$}, {11$\bar{3}$}.

Spaltbarkeit nach {001} sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010}, 1. Mittellinie ca. 10° zur $c$-Axe geneigt im stumpfen Winkel $\beta$; $2E = 135°$ ca. für Grün.

### Oktohydroxyheptamanganodiarsenat (Allaktit) = $(AsO_4)_2Mn_3 . 4Mn(OH)_2$.

Spec. Gew. 3,85 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,6128:1:0,3338$; $\beta = 95° 43'$ Sjögren (nat. Kryst.).

Tafelförmige Krystalle {100} mit {101} und mehreren Prismen combiniert.

Spaltbarkeit nach {101} deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene {010} für Rot und Gelb, senkrecht dazu für Blau, einaxig für Grün.

### Calciumfluorophosphat (Fluorapatit) = $(PO_4)_3Ca_4(CaF)$.

Spec. Gew. 3,2 (nat. Kryst.).

Hexagonal bipyramidal.

$a:c = 1:0,7346$ (nat. Kryst).

Durch Schmelzen von Natriumphosphat mit $CaF_2$ erhielt Manroß[9]) dünnnadelförmige Prismen, durch Erhitzen von Calciumphosphat mit $KF$ und $KCl$ Ditte[22]) ebenfalls Prismen mit zwei hexagonalen Pyramiden, von welchen jedoch keine Messungen mitgeteilt werden.

Die natürlichen Krystalle zeigen als gewöhnlichste Formen {10$\bar{1}$0}, {0001}, ferner {10$\bar{1}$1}, {11$\bar{2}$1}, {21$\bar{3}$1} u. a.

Spaltbarkeit nach {0001} und {10$\bar{1}$0} unvollkommen.

Die Ätzfiguren auf {0001} werden von Pyramiden 3. Art gebildet (Baumhauer).

Brechungsindices nach Wolff (nat. Kryst.):

| | | |
|---|---|---|
| für $Li$: | $\omega = 1,63067$ | $\varepsilon = 1,62865$ |
| » $Na$: | 1,63353 | 1,63162 |

Damit stimmen auch die niedrigsten Werte anderer Beobachter überein; die Abweichung der zahlreichen sonstigen Angaben beruhen jedenfalls auf dem Gehalte an Beimengungen.

Die Elasticitätsverhältnisse des Minerals bestimmten Vater und Auerbach, die Änderung der optischen Eigenschaften durch Druck und Erwärmung Bücking und Klein.

### Bleichlorophosphat (Pyromorphit) = $(PO_4)_3Pb_4(PbCl)$.

Spec. Gew. 7,01 Manroß[9]), 7,1 (nat. Kryst.).

Hexagonal bipyramidal.

$a:c = 1:0,7362$ Haidinger (nat. Kryst.).

Manroß[9]) erhielt durch Schmelzen von Natriumphosphat mit $PbCl_2$ hexagonale Prismen {10$\bar{1}$0} mit {10$\bar{1}$1}; (10$\bar{1}$1):(10$\bar{1}$0) = 49° 37′ (ber. 49° 38′). Die von Deville und Caron[6]) und von Michel[23]) durch Schmelzen von $(PO_4)_2Pb_3$ mit $PbCl_2$ und $NaCl$ erhaltenen Krystalle zeigten keine Endflächen.

22) Ditte, Compt. rend. 1884, **99**, 792. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 196.

23) Michel, Bull. soc. fr. min. 1887, **10**, 133. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **14**, 619.

Die natürlichen Krystalle sind meist Combinationen von {10$\bar{1}$0} mit {0001}, seltener mit {10$\bar{1}$1} u. a. Formen.

Doppelbrechung negativ.

**Bleichlorovanadat** (Vanadinit) = $(VO_4)_3Pb_4(PbCl)$.

Spec. Gew. 6,88 (nat. Kryst.).

Hexagonal bipyramidal.

$$a : c = 1 : 0,7122$$ Vrba (nat. Kryst.).

Das Mineral zeigt die Formen: {10$\bar{1}$0}, {0001}, {11$\bar{2}$0}, {10$\bar{1}$1}, {21$\bar{3}$1} u. a.

Doppelbrechung negativ, ziemlich stark (Des Cloizeaux).

**Bleichloroarsenat** (Mimetesit) = $(AsO_4)_3Pb_4(PbCl)$.

Spec. Gew. 7,25 (nat. Kryst).

Hexagonal bipyramidal.

$$a : c = 1 : 0,7224$$ Haidinger (nat. Kryst).

Gewöhnliche Combination: {10$\bar{1}$0}, {10$\bar{1}$1}, {0001}.

Brechungsindices nach Des Cloizeaux für Rot: $\omega = 1,474$, $\varepsilon = 1,465$ (diese Werte sind auffallend niedrig!).

## Wasserhaltige Orthophosphate usw. zweiwertiger Metalle und Doppelsalze mit ein- und zweiwertigen Metallen.

Von den $\frac{1}{3}$-gesättigten Salzen wurden folgende Hydrate krystallographisch untersucht: das trikline **Tetrahydrogencalciumorthophosphat**-(Monocalciumphosphat-)**Monohydrat** = $(PO_4)_2CaH_4 . H_2O$; das ebenfalls trikline **Tetrahydrogenzinkorthophosphat**-(Monozinkphosphat-)**Dihydrat** = $(PO_4)_2ZnH_4 . 2H_2O$; das monoklin krystallisierende **Tetrahydrogenbaryumorthoarsenat**-(Monobaryumarsenat-)**Dihydrat** = $(AsO_4)_2BaH_4 . 2H_2O$. Außerdem existieren nur einige mikroskopisch-optische Angaben von Goguel[1]) über Monomagnesium- und Mononickelantimonat-Dekahydrat = $(SbO_4)_2MgH_4 . 10H_2O$ und $(SbO_4)_2NiH_4 . 10H_2O$; ersteres bildet pseudohexagonale Prismen mit Sectorenteilung der Basis, letzteres hexagonale Täfelchen mit ziemlich starker positiver Doppelbrechung.

Zahlreicher sind die Untersuchungen über die $\frac{2}{3}$-gesättigten Salze. Hydrogenmagnesiumorthophosphat-(Dimagnesiumphosphat-)Monohydrat = $PO_4MgH . H_2O$ krystallisiert nach Schulten[2]) in mikroskopischen, wahrscheinlich monoklinen Zwillingen; damit dürften isomorph sein die folgenden drei von Goguel[1]) (l. c. 21 f.) dargestellten Substanzen: **Hydrogenmanganoorthoarsenat**-(Dimanganoarsenat-)**Monohydrat** = $AsO_4MnH . H_2O$, rosarote monokline Täfelchen {010} mit {100}, {101}, {10$\bar{1}$}, {001}; (100) : (001) = 83° 30′, (101) : (100) = 45° 48′, (10$\bar{1}$) : (100) = 54° 6′; Spaltbarkeit nach {100}; Ebene der optischen Axen {010}, Auslöschungsschiefe 20°. **Hydrogen-**

1) Goguel, Contrib. à l'ét. d. arsén. et antim. Bordeaux 1894, 62. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 30, 207.

2) A. de Schulten, Compt. rend. 1885, 100, 877.

**cupriorthoarsenat-** (Dicupriarsenat-) **Monohydrat** = $AsO_4CuH.H_2O$, hellgrüne, monokline Täfelchen {010}, begrenzt von {100}, {001}, {10$\bar{1}$}; (100):(001) = 83°30′, (10$\bar{1}$):(100) = 54°30′; Ebene der optischen Axen {010}, Auslöschungsschiefe 13°. **Hydrogenzinkorthoarsenat-** (Dizinkarsenat-) **Monohydrat** = $AsO_4ZnH.H_2O$, dünne, monokline Täfelchen {010} mit {110}, {011} und {101}, zuweilen Zwillinge nach {100}; (100):(001) = 87°25′, (101):(100) = 40°25; Doppelbrechung positiv, schwach; Axenebene ⊥ {010} unter 23° im stumpfen Winkel $\beta$ zur $c$-Axe geneigt, Axe $b$ 2. Mittellinie. Verschieden davon, nämlich rhombisch, krystallisieren **Hydrogencalcium-, Hydrogenstrontium-** und **Hydrogenbaryumorthoarsenat-** (Dicalcium-, Distrontium- und Dibaryumarsenat-) **Monohydrat** = $AsO_4CaH.H_2O$, $AsO_4SrH.H_2O$ und $AsO_4BaH.H_2O$, von welchen isomorphen Salzen das erste als Haidingerit auch mit derselben Krystallform natürlich vorkommt. Monoklin krystallisieren die beiden isomorphen, ebenfalls in der Natur vorkommenden Verbindungen **Hydrogencalciumorthophosphat-** und **-orthoarsenat-** (Dicalciumphosphat- und -arsenat-) **Dihydrat** = $PO_4CaH.2H_2O$ (Brushit) und $AsO_4CaH.2H_2O$ (Pharmakolith). Verbindungen mit 3 Mol. $H_2O$ sind die beiden isomorphen rhombischen Salze **Hydrogenmagnesiumorthophosphat-** (Dimagnesiumphosphat-) **Trihydrat** = $PO_4MgH.3H_2O$, das Mineral Newberyit, und **Hydrogenmanganoorthophosphat-** (Dimanganophosphat-) **Trihydrat** = $PO_4MnH.3H_2O$; das dem ersteren entsprechende Arsenat scheint nicht zu existieren, da seine Darstellung nach der für den künstlichen Newberyit angewandten Methode nicht gelang. Den höchsten Wassergehalt unter den $\frac{2}{3}$-gesättigten Salzen besitzen das rhombisch krystallisierte **Hydrogenmagnesiumorthophosphat-** (Dimagnesiumphosphat-) **Heptahydrat** = $PO_4MgH.7H_2O$, und das damit isomorphe Mineral Rößlerit, **Hydrogenmagnesiumorthoarsenat-** (Dimagnesiumarsenat-) **Heptahydrat** = $AsO_4MgH.7H_2O$.

Eine isolierte Stellung nehmen als $\frac{5}{6}$-gesättigte Salze ein das **Dihydrogenpentamanganotetraorthophosphat-** (Ditrimanganophosphat-) **Tetrahydrat** = $(PO_4)_4Mn_5H_2.4H_2O$, welches monoklin krystallisiert, eisenhaltig als Mineral Hureaulit, und das mit diesem isomorphe **Dihydrogenpentacadmiumtetraorthophosphat-** (Ditricadmiumphosphat-) **Tetrahydrat** = $(PO_4)_4Cd_5H_2.4H_2O$.

Unter den normalen orthophosphorsauren und orthoarsensauren Salzen mit geringem Wassergehalte befinden sich mehrere Mineralien, welche aber fast ausnahmslos keine einfachen Verbindungen, sondern isomorphe Mischungen sind, nämlich die im Verhältnisse der Dimorphie stehenden monoklinen Mineralien Fillowit und Dickinsonit = $(PO_4)_2(Mn, Fe, Na_2, Ca)_3.\frac{1}{3}H_2O$, ferner der Fairfieldit = $(PO_4)_2(Ca, Mn, Fe)_3.2H_2O$, der Roselith = $(AsO_4)_2(Ca, Co, Mg)_3.2H_2O$ und der Brandtit = $(AsO_4)_2MnCa_2.2H_2O$; von diesen drei, triklin krystallisierenden Körpern ist die Krystallform des letzten nur ganz ungefähr bekannt. Der rhombische Reddingit hat die Zusammensetzung $(PO_4)_2(Mn, Fe)_3.3H_2O$, in welcher die Manganverbindung bedeutend vor-

herrscht. Der trikline Anapaït ist wahrscheinlich ein Doppelphosphat von der Formel $(PO_4)_2FeCa_2 . 4H_2O$. Das auch als Mineral Hopeït vorkommende **Zinkorthophosphat-**(Trizinkphosphat-)**Tetrahydrat** = $(PO_4)_2Zn_3 . 4H_2O$ krystallisiert rhombisch; eine zweite trikline, aber nur unvollkommen krystallisierte Modification derselben Substanz wurde als Parahopeït bezeichnet. Die folgenden Verbindungen mit 8 Mol. $H_2O$ krystallisieren monoklin und bilden eine isomorphe Gruppe, deren Glieder, soweit sie nicht als Mineralien in meßbaren Krystallen auftreten, durch synthetische Darstellung solcher als isomorph festgestellt wurden. Das letztere ist der Fall mit den beiden Magnesiumsalzen: Bobierit, **Magnesiumorthophosphat-**(Trimagnesiumphosphat-)**Oktohydrat** = $(PO_4)_2Mg_3 . 8H_2O$, von Schulten[3]) durch allmähliches Mischen der Lösungen von Bittersalz und Dinatriumphosphat erhalten, bildet kleine Prismen {010}, {110} mit den Endflächen {11$\bar{1}$}, $a:b:c = 0,76:1:0,74$, $\beta = 106°$ ca., $(110):(1\bar{1}0) = 72°$, $(11\bar{1}):(010) = 59°$, $[11\bar{1}.010]:[110.010] = 54°$; Doppelbrechung positiv, Axenebene {010}, Auslöschungsschiefe 34°; spec. Gew. 2,195. Hörnesit, **Magnesiumorthoarsenat-**(Trimagnesiumarsenat-)**Oktohydrat** = $(AsO_4)_2Mg_3 . 8H_2O$, auf dieselbe Art dargestellt, zeigt dieselbe Form mit ähnlichen Winkeln und den gleichen optischen Eigenschaften; spec. Gew. 2,609. Die beiden Mineralien Vivianit, **Ferroorthophosphat-**(Triferrophosphat-)**Oktohydrat** = $(PO_4)_2Fe_3 . 8H_2O$ und Symplesit, **Ferroorthoarsenat-**(Triferroarsenat-)**Oktohydrat** = $(AsO_4)_2Fe_3 . 8H_2O$ kommen in der Natur in gut bestimmbaren Krystallen vor, während die entsprechende Nickelverbindung **Nickelorthoarsenat-**(Trinickelarsenat-)**Oktohydrat** = $(AsO_4)_2Ni_3 . 8H_2O$ als Mineral Annabergit nicht deutlich krystallisiert; Schulten[4]) stellte sie nach derselben Methode wie das Magnesiumsalz dar und constatierte ihre krystallographische Übereinstimmung mit den übrigen Gliedern dieser Gruppe, ebenso auch die isomorphe Mischung mit $(AsO_4)_2Mg_3 . 8H_2O$, welche übrigens auch in der Natur als Cabrerit gut krystallisiert vorkommt. Das Gleiche gilt für den Erythrin, **Kobaltoorthoarsenat-**(Trikobaltoarsenat-)**Oktohydrat** = $(AsO_4)_2Co_3 . 8H_2O$; die Zinkverbindung $(AsO_4)_2Zn_3 . 8H_2O$ bildet in isomorpher Mischung mit dem Kobaltsalze das Mineral Köttigit. Die wasserreichste Verbindung der normalen Salze ist das monoklin krystallisierende **Magnesiumorthophosphat-**(Trimagnesiumphosphat-)**Diskaïkosihydrat** = $(PO_4)_2Mg_3 . 22H_2O$.

Als basische Salze können folgende Mineralien betrachtet werden: der rhombische Hämafibrit = $AsO_4(Mn . OH)_3 . H_2O$, der monokline Ludlamit = $(PO_4)_4Fe_7(OH)_2 . 8H_2O$, der rhombische Euchroït = $AsO_4Cu(Cu . OH) . 3H_2O$ und der trigonale Chalkophyllit = $AsO_4(Cu . OH)_3 . Cu(OH)_2 . 3\frac{1}{2}H_2O$.

Unter den sauren Doppelsalzen ein- und zweiwertiger Metalle sind nur wenige gemessen worden. Triklin krystallisiert **Hydrogenkaliumdi-**

3) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 81. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 96.

4) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 87. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 97.

**magnesiumdiorthophosphat-** (Kaliumditrimagnesiumphosphat-)**Pentakaidekahydrat** = $(PO_4)_2Mg_2KH.15H_2O$; das entsprechende arsensaure Salz bildet mikroskopische Krystalle von dem gleichen Aussehen. Ebenfalls triklin ist das Mineral Hannayit, **Tetrahydrogendiammoniumtrimagnesiumtetraorthophosphat-Oktohydrat** = $(PO_4)_4Mg_3(NH_4)_2H_4.8H_2O$. Die übrigen untersuchten Salze sind normale. **Kaliummagnesiumorthophosphat-Hexahydrat** = $PO_4MgK.6H_2O$ krystallisiert rhombisch pyramidal, wie das bekannte Beispiel dieser Symmetrie, der Struvit (Guanit), **Ammoniummagnesiumorthophosphat-Hexahydrat** = $PO_4MgNH_4.6H_2O$, und ebenso **Ammoniummagnesiumorthoarsenat-Hexahydrat** = $AsO_4MgNH_4.6H_2O$; derselben isomorphen Gruppe gehören ferner an $AsO_4MgK.6H_2O$ und die entsprechenden Mangan-, Eisen-, Nickel-, Kobalt- und Zinksalze, doch liegen von diesen keine Messungen vor. Die analogen Doppelsalze des Calciums unterscheiden sich durch ihren Wassergehalt; untersucht wurden von diesen **Ammoniumcalciumorthophosphat-Heptahydrat** = $PO_4CaNH_4.7H_2O$ und **Ammoniumcalciumorthoarsenat-Heptahydrat** = $AsO_4CaNH_4.7H_2O$; beide krystallisieren monoklin und sind vollkommen isomorph. Andererseits bildet das Magnesium auch mit Natrium Doppelsalze, welche, wie gewöhnlich die Natriumsalze verglichen mit den Kaliumsalzen, wasserreicher sind; die beiden isomorphen Verbindungen **Natriummagnesiumorthophosphat-** und **Natriummagnesiumorthoarsenat-Enneahydrat** = $PO_4MgNa.9H_2O$ und $AsO_4MgNa.9H_2O$ krystallisieren triklin. Vollkommen abweichend krystallisiert das analoge Strontiumsalz **Natriumstrontiumorthoarsenat-Enneahydrat** = $AsO_4SrNa.9H_2O$, nämlich nach Dufet[5]) kubisch, und zwar zeigt es die Combination eines Tetraëders {111} mit {100}, {110} und einem Pentagondodekaëder {210}, also die gleiche tetraëdrisch-pentagondodekaëdrische Symmetrie, wie das Schlippesche Salz (S. 814); eine Wirkung auf das polarisierte Licht wurde jedoch nicht beobachtet. Auffallenderweise erhielt Schulten[6]) das wasserreichere Salz $PO_4BaNa.10H_2O$ ebenfalls in regulären Tetraëdern und $PO_4BaK.10H_2O$ in Hexaëdern.

### Tetrahydrogencalciumorthophosphat- (Monocalciumphosphat-) Monohydrat = $(PO_4)_2CaH_4.H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}4753:1:0{,}5448 \text{ Haushofer}^{7)}.$$
$$\alpha = 98^\circ 40', \quad \beta = 118^\circ 21', \quad \gamma = 83^\circ 16'.$$

Das von Erlenmeyer dargestellte Salz bildet nach Haushofer große, dünntafelige Krystalle der Combination (Fig. 872): $b\{010\}$, $q\{120\}$, $p\{110\}$, $a\{100\}$, $t\{1\bar{2}0\}$, $c\{001\}$, $r\{011\}$, $s\{\bar{1}21\}$, $o\{11\bar{1}\}$; stets Zwillinge nach $b\{010\}$ (Fig. 873), deren unteres Ende gewöhnlich nicht ausgebildet ist.

5) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1888, **11**, 143. Bull. soc. chim. Paris 1883, (2) **39**, 500. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 443.

6) A. de Schulten, Compt. rend. 1883, **96**, 706. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **9**, 426.

7) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1883, **7**, 263.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *93° 0′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *62 14 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *83 45 |
| $o:b = (11\bar{1}):(010) =$ | — | *74 4 |
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | — | *55 24 |
| $s:b = (\bar{1}21):(010) =$ | 44° 7′ | 44 4 |
| $s:c = (\bar{1}21):(001) =$ | 68 43 | 68 43 |
| $p:b = (110):(001) =$ | 69 38 | 69 38 |
| $p:c = (110):(001) =$ | 61 18 | 61 18 |
| $q:b = (120):(010) =$ | 51 33 | 51 31 |
| $q:c = (120):(001) =$ | 64 5 | 64 6 |
| $t':b = (\bar{1}20):(010) =$ | 44 49 | 44 54 |
| $t:c = (1\bar{2}0):(001) =$ | 65 49 | — |
| $r:b = (011):(010) =$ | 59 14 | 59 14 |
| $c:\underline{c} = (001):(\underline{001}) =$ | 12 30 | 12 34 |
| $s:\underline{s} = (\bar{1}21):(\underline{\bar{1}21}) =$ | 91 46 | 91 40 |
| $p:\underline{a} = (110):(\underline{100}) =$ | 17 22 | 17 30 |
| $o:\underline{o} = (11\bar{1}):(\underline{11\bar{1}}) =$ | 31 52 | 31 53 |

Fig. 872.

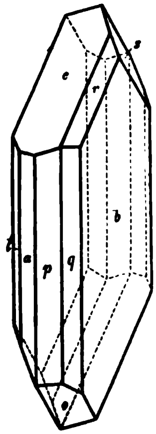
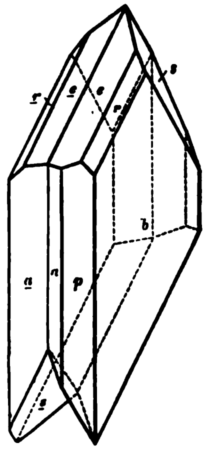


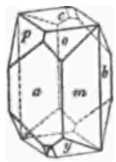

Fig. 873.




**Tetrahydrogenzinkorthophosphat-(Monozinkphosphat-)Dihydrat = $(PO_4)_2ZnH_4 \cdot 2H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

Fig. 874.




$a:b:c = 0{,}6224:1:0{,}7101$ Ditscheiner[8]).

$\alpha = 92°38'$, $\beta = 107°32'$, $\gamma = 69°32'$.

Dargestellt von Demel; große, luftbeständige, wasserhelle Krystalle der Combination (Fig. 874): $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $x\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $y\{11\bar{1}\}$ und $r\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *110° 18′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *72 18 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *93 42 |
| $x':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *69 27 |
| $x':b = (\bar{1}11):(010) =$ | — | *49 38 |
| $x:a = (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | 45° 50′ | 46 2 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 40 34 | 40 40 |
| $o:b = (111):(010) =$ | 82 13 | 82 15 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 43 16 | 43 5 |
| $p:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | 47 44½ | 47 40 |
| $p:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | 55 2 | 54 50 |
| $p:a = (1\bar{1}1):(100) =$ | 32 53 | 33 5 |
| $y':c = (\bar{1}\bar{1}1):(001) =$ | 59 7 | — |
| $y:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 73 57 | 73 54 |
| $y:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 60 0 | 59 58 |
| $m:b = (120):(010) =$ | 48 7 | 47 48 |
| $m:c = (\bar{1}20):(001) =$ | 79 35 | 79 32 |

8) Ditscheiner, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1879, **79** (II), 650. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 658.

**Tetrahydrogenbaryumorthoarsenat-(Monobaryumarsenat-)Dihydrat = $(AsO_4)_2BaH_4 . 2H_2O$.**

Monoklin. $a:b:c = 1,160:1:0,625$; $\beta = 108^\circ 34'$ Schabus[9]).

Die von Schabus gemessenen, von Pohl erhaltenen Krystalle waren unvollkommen ausgebildete Tafeln nach $b\{010\}$ mit $m\{110\}$ und $q\{011\}$, häufig Zwillinge nach $a\{100\}$.

$m:m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*95^\circ 24'$ ca. beob.
$q:q = (011):(0\bar{1}1) = {}^*64 \quad 0$ » »
$q:m = (011):(110) = {}^*55 \quad 0$ » »

**Hydrogencalciumorthoarsenat-(Dicalciumarsenat-)Monohydrat = $AsO_4CaH . H_2O$**
**(nat. Haidingerit).**

Spec. Gew. 2,967 Schulten[10]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,4273:1:0,4928$ Schulten[10]).

Goguel[1]) (l. c. 10) erhielt das Salz in rectangulären Täfelchen. Zur Darstellung gut meßbarer Krystalle versetzte Schulten eine Calciumchloridlösung mit Natriumarsenat und Ammoniak und erwärmte die Lösung unter allmählichem Ammoniakzusatze; er beobachtete die Formen $b\{010\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$, $r\{101\}$, $n\{120\}$, $i\{121\}$; die Krystalle sind entweder nach der Axe $a$ verlängert oder tafelförmig nach $b\{010\}$; eine Darstellung in der Kälte lieferte Prismen $b\{010\}$ und $a\{100\}$ mit den Endflächen $q\{011\}$ und $r\{101\}$.

Die natürlichen Krystalle zeigen im wesentlichen die gleichen Formen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:r = (101):(\bar{1}01)$ | — | *98° 9′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1)$ | — | *52 28 |
| $n:a = (120):(100)$ | 40°31′ | 40 36 |
| $k:b = (012):(010)$ | 76 9½ | 76 5 |
| $i:b = (121):(010)$ | 57 9 | 57 18 |
| $i:a = (121):(100)$ | 50 36 | 50 32 |
| $i:n = (121):(120)$ | 33 24 | 33 20 |
| $i:q = (121):(011)$ | 42 48 | 42 42 |
| $i:k = (121):(012)$ | 48 24 | 48 31 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, Axenwinkel groß.

**Hydrogenstrontiumorthoarsenat-(Distrontiumarsenat-)Monohydrat = $AsO_4SrH . H_2O$.**

Spec. Gew. 3,606 Schulten[11]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,4252:1:0,4412$ Schulten[11]).

Darstellung analog derjenigen des Calciumsalzes bei einer Temperatur nicht über 40°; Prismen $r\{101\}$ mit $a\{100\}$ und den Endflächen $l\{140\}$, $L\{180\}$,

9) Schabus, Best. d. Krystallgest. i. chem. Lab. erz. Prod. Preisschr. Wien 1855, 112.
10) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 20. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 94.
11) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904, **27**, 107. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 186.

$b\{010\}$, außerdem eine Bipyramide mit gerundeten Flächen (Schulten); Goguel[1]) (l. c. 14) erhielt durch Diffusion der Lösungen von Strontiumnitrat und Dinatriumarsenat nur die Formen $r\{101\}$ und $a\{100\}$ mit einer gerundeten Bipyramide am Ende.

| | Berechnet: | Beobachtet: Schulten: | Goguel: |
|---|---|---|---|
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *43° 57′ | 44° 5′ |
| $l:a = (110):(100) =$ | — | *59 33 | — |
| $l:r = (110):(101) =$ | 68° 36′ | 68 42 | — |
| $L:a = (180):(100) =$ | 73 37 | 73 39 | — |
| $L:r = (180):(101) =$ | 78 17 | 78 18 | — |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.
Ebene der optischen Axen $a\{100\}$.

### Hydrogenbaryumorthoarsenat-(Dibaryumarsenat-)Monohydrat = $AsO_4BaH.H_2O$.

Spec. Gew. 3,926 Schulten[11]).
Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,4171:1:0,4330 \text{ Schulten}^{11})$$

Die von Schulten (l. c. 104) nach der beim Calciumsalze angewandten Methode dargestellten Krystalle sind Tafeln nach $a\{100\}$, begrenzt von $i\{121\}$, $x\{142\}$ und kleinen Flächen von $b\{010\}$, $r\{101\}$, zuweilen auch $c\{001\}$, $q\{011\}$ und $L\{180\}$. Goguel[1]) (l. c. 20) erhielt aus essigsaurer Lösung in der Kälte die Combination: $a\{100\}$, $r\{101\}$, $x\{142\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Schulten: | Goguel: |
|---|---|---|---|
| $i:a = (121):(100) =$ | — | *51° 31′ | — |
| $i:i_, = (121):(12\bar{1}) =$ | — | *71 44 | — |
| $i:i' = (121):(\bar{1}21) =$ | 62° 32′ | 62 32 | — |
| $r:a = (101):(100) =$ | 43 16½ | 43 21 | 43° 10′ |
| $x:a = (142):(100) =$ | 68 19½ | 68 16 | 68 15 |
| $i:c = (121):(001) =$ | 54 8 | 54 1 | — |
| $q:c = (011):(001) =$ | 23 54 | 23 52 | — |
| $i:q = (121):(011) =$ | 41 46 | 41 46 | — |
| $L:a = (180):(100) =$ | 73 19 | 73 19 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit (Schulten).
Ebene der optischen Axen $a\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $b$; nach Goguel: $2E = 34°$ ca., schwache Dispersion $\varrho < v$.

### Hydrogencalciumorthophosphat-(Dicalciumphosphat-)Dihydrat = $PO_4CaH.2H_2O$ (nat. Brushit).

Spec. Gew. 2,317 Schulten[12]).
Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,6221:1:0,3415; \quad \beta = 95°15' \text{ Dana (nat. Kryst.)}.$$

Aus essigsaurer Lösung des Salzes erhielt Schulten sehr dünne Tafeln nach $b\{010\}$ mit den Randflächen $x\{341\}$, $n\{310\}$, $\zeta\{32\bar{1}\}$, $c\{001\}$.
Die natürlichen Krystalle zeigen die Formen $b\{010\}$, $n\{310\}$, $q\{011\}$.

12) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 11. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 92.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $n:b = (310):(010) =$ | 78° 20′ | 78° 7′ |
| $\zeta':b = (\bar{3}21):(010) =$ | 69 47 | 69 50 |
| $x:b = (341):(010) =$ | 55 49 | 56 2 |
| $\zeta:n = (32\bar{1}):(310) =$ | 32 26 | 32 2 |
| $\zeta':x = (\bar{3}21):(341) =$ | 99 30 | 99 53 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ und nach $\sigma\{30\bar{1}\}$ vollkommen (nat. Kryst.).

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe 72° im stumpfen Winkel $\beta$.

### Hydrogencalciumorthoarsenat- (Dicalciumarsenat-) Dihydrat = $AsO_4CaH.2H_2O$ (nat. Pharmakolith).

Spec. Gew. 2,754 Schulten[10]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}6236:1:0{,}3548;\ \beta = 96°36'$ Dufet[13]).

Dufet stellte die von ihm gemessenen Krystalle durch langsame Diffusion der Lösungen von Calciumnitrat und Dinatriumarsenat dar; es waren nach $b\{010\}$ abgeplattete Prismen $m\{110\}$, $n\{310\}$ mit den Endflächen $q\{011\}$ und $\zeta\{32\bar{1}\}$. Schulten (l. c. 18) erhielt aus der gemischten Lösung von $CaCl_2$ und $AsO_4Na_2H.7H_2O$ Tafeln nach $b\{010\}$, begrenzt von $q\{011\}$ und $n\{310\}$, selten und klein auch $x\{341\}$ und $\zeta\{32\bar{1}\}$.

An den natürlichen Krystallen treten die Formen $\{010\}$, $\{310\}$, $\{110\}$, $\{001\}$, $\{011\}$, $\{331\}$, $\{11\bar{1}\}$ und $\{32\bar{1}\}$ auf.

| | Berechnet: | Beobachtet: Dufet: | Beobachtet: Schulten: |
|---|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | 58° 43′ | 58° 43′ | — |
| $n:m = (310):(110) =$ | — | *19 50 | — |
| $n:n = (310):(3\bar{1}0) =$ | 22 54 | 22 55 | 23° 0′ |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *70 35 | 70 43 |
| $n:\zeta = (310):(32\bar{1}) =$ | — | *31 23 | 31 23 |
| $n:q_{,} = (310):(01\bar{1}) =$ | 92 19 | 92 47 | — |
| $n:q = (310):(011) =$ | 80 6 | — | — |
| $\zeta:\zeta = (32\bar{1}):(3\bar{2}\bar{1}) =$ | 40 33 | 40 39 | 40 14 |
| $\zeta:n' = (32\bar{1}):(3\bar{1}0) =$ | 44 15 | 44 29 | — |
| $x:b = (341):(010) =$ | 56 0 | — | 56 12 |
| $x:n' = (341):(3\bar{1}0) =$ | 52 34 | — | 52 37 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, die 1. Mittellinie bildet mit der $c$-Axe 69° 40′ im stumpfen Winkel $\beta$ (Des Cloizeaux); Brechungsindices nach Dufet für $Na$: $\alpha = 1{,}5825$, $\beta = 1{,}5891$, $\gamma = 1{,}5937$; $2V = 77°5'$ ($Li$), $79°24'$ ($Na$), $80°18'$ ($Tl$).

### Hydrogenmagnesiumorthophosphat- (Dimagnesiumphosphat-) Trihydrat = $PO_4MgH.3H_2O$ (nat. Newberyit).

Spec. Gew. 2,123 Schulten[14]).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9548:1:0{,}9360$ A. Schmidt (nat. Kryst.).

13) Dufet, Compt. rend. 1888, **106**, 1238. Bull. soc. fr. min. 1888, **11**, 187. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **18**, 325.

14) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 24. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 94.

Schulten erhielt durch Erhitzen der Lösung auf 150° Tafeln nach $b\{010\}$, begrenzt von $o\{111\}$, untergeordnet $a\{100\}$, $c\{001\}$ und $d\{102\}$, durch Lösen von $PO_4Mg(NH_4).6H_2O$ in Salzsäure und allmähliches Zufügen von Ammoniak in der Wärme rectanguläre Tafeln nach $a\{100\}$ mit $b\{010\}$, $o\{111\}$, $d\{102\}$, $c\{001\}$ und $k\{021\}$, endlich durch Verdunstung der essigsauren Lösung von $PO_4MgH.7H_2O$ auf dem Wasserbade die oktaëderähnliche Bipyramide $o\{111\}$ mit kleinen Flächen von $b\{010\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $d\{102\}$ und $c\{001\}$.

Die natürlichen Krystalle zeigen meist $a\{100\}$ und $b\{010\}$ vorherrschend und außer den genannten noch eine Reihe von anderen Formen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 67° 31′ | 67° 30′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 71 11 | 71 7 |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1}) =$ | 72 50 | 72 43 |
| $d:d = (102):(\bar{1}02) =$ | 52 14 | 52 15 |
| $k:b = (021):(010) =$ | 28 6½ | 28 3 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen, nach $c\{001\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $c$, $2E =$ 69° 47′ rot, 70° 20′ gelb; für $Na$ ist $2V = 44° 47'$, $\beta = 1{,}5196$ (A. Schmidt, nat. Kryst.).

## Hydrogenmanganoorthophosphat-(Dimanganophosphat-)Trihydrat = $PO_4MnH.3H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9531:1:0{,}9347$ Haushofer[15]).

Die von Erlenmeyer und Heinrich[16]) dargestellte Substanz bildet gewöhnlich dem Kubooktaëder ähnliche Krystalle (Fig. 875) mit den Formen: $p\{111\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $d\{102\}$ und $n\{112\}$, seltener tafelförmige Combinationen (Fig. 876), an denen auch $t\{110\}$ auftritt. Krystalle des ersten Typus, von Debray dargestellt, untersuchte Des Cloizeaux[17]).

Fig. 875.

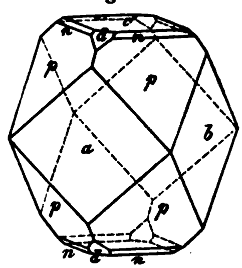
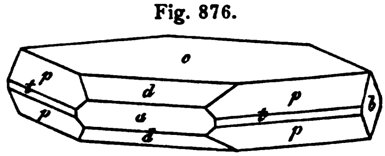


Fig. 876.



| | Berechnet: | Beobachtet: Haushofer: | Des Cloizeaux: |
|---|---|---|---|
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *67° 26′ | 66° 20′ |
| $p:p' = (111):(\bar{1}11) =$ | 71° 14′ | 70 34 | 71 23 |
| $p:p_, = (111):(11\bar{1}) =$ | — | *72 52 | 73 25 |
| $d:a = (102):(100) =$ | 63 53 | 63 44 | 64 11 |
| $n:c = (112):(001) =$ | 37 7 | 33 52(?) | — |
| $t:a = (110):(100) =$ | 43 37½ | 43 36 | — |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen $a\{100\}$, 1. Mittellinie $c$-Axe; $2E = 118° 27'$ rot, 119° 20′ blau.

15) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1878, 2, 198. Mit Correcturen nach Negri, Rivista d. min. e crist. ital. 1891, 9, 55.

16) Erlenmeyer u. Heinrich, Ann. d. Chemie 1877, 190, 201.

17) Des Cloizeaux, Nouv. Recherches 84 (Mém. Sav. étrang. Acad. Paris 1867, 18, 594).

### Hydrogenmagnesiumorthophosphat-(Dimagnesiumphosphat-)Heptahydrat = $PO_4MgH.7H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,4451:1:0,2177; \quad \beta = 94^\circ 18'$ Haushofer[18]).

Die von Erlenmeyer erhaltenen Krystalle sind nach Haushofer dem folgenden Salze ähnliche Combinationen von $b\{010\}$, $q\{120\}$, $p\{110\}$, $l\{140\}$, $n\{131\}$ und $\omega\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (120):(1\bar{2}0) =$ | — | *83° 12′ |
| $n:n = (131):(1\bar{3}1) =$ | — | *66 28 |
| $n:q = (131):(120) =$ | — | *44 40 |
| $q:b = (120):(010) =$ | 48° 24′ | 48 40 |
| $n:b = (131):(010) =$ | 57 46 | 57 0 |
| $\omega:b = (111):(010) =$ | 77 41 | 77 31 |
| $l:b = (140):(010) =$ | 29 23 | 29 26 |
| $\omega:\omega = (111):(1\bar{1}1) =$ | 24 38 | — |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, Axenwinkel klein; eine Schwingungsrichtung in $\{010\}$ bildet 6°—8° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$.

### Hydrogenmagnesiumorthoarsenat-(Dimagnesiumarsenat-)Heptahydrat = $AsO_4MgH.7H_2O$

(nat. Rößlerit).

Spec. Gew. 1,943 Schulten[19]).

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,4473:1:0,2598; \quad \beta = 94^\circ 26'$ Haushofer[18]).

Fig. 877.

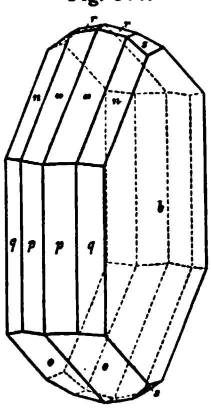
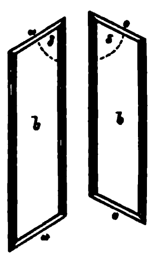



Fig. 878.




Haushofer (l. c. 258) untersuchte Krystalle, welche im Laboratorium von Erlenmeyer von Kinkelin dargestellt wurden; Combination (Fig. 877): $b\{010\}$, $q\{120\}$, $p\{110\}$, $n\{131\}$, $\omega\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $s\{031\}$, $r\{011\}$; meist fehlt jedoch eine der Prismenzonen 1. Art (s. Fig. 878).

Mit dem Rößlerit identisch ist nach Schulten[19]) der Wapplerit, dessen Krystalle (von Schrauf wegen kleiner Winkeldifferenzen für triklin gehalten) die gleiche Form besitzen, aber einen Calciumgehalt ergaben, welcher von einer Beimengung von Pharmakolith herrührte; Versuche, eine Mischung von Magnesium- und Calciumarsenat darzustellen, lieferten stets Rößlerit oder ein Gemenge desselben mit Pharmakolith.

18) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1887, 7, 259.

19) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, 26, 99. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 41, 99.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\omega : \omega = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *24° 28′ |
| $o : o = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *26 8 |
| $o' : \omega = (\bar{1}11) : (111) =$ | — | *58 38 |
| $p : p = (110) : (1\bar{1}0) =$ | 48° 4′ | 48 12 |
| $q : q = (120) : (1\bar{2}0) =$ | 83 28 | 83 26 |
| $'o : \omega = (\bar{1}\bar{1}1) : (111) =$ | 64 49 | 64 43 |
| $p : \omega = (110) : (111) =$ | 54 42 | 54 12 |
| $p : o = (110) : (11\bar{1}) =$ | 60 27 | — |
| $n : n = (131) : (1\bar{3}1) =$ | 66 4 | 65 50 |
| $n : q = (131) : (120) =$ | 45 0 | 44 37 |
| $r : r = (011) : (0\bar{1}1) =$ | 29 3 | 29 8 |
| $s : s = (031) : (0\bar{3}1) =$ | 75 42 | 75 41 |

Spaltbarkeit nach $\omega\{111\}$ unvollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, Axenwinkel klein; eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe 14° im stumpfen Winkel $\beta$.

### Dihydrogenpentamanganotetraorthophosphat-(Ditrimanganophosphat-) Tetrahydrat = $(PO_4)_4Mn_5H_2 \cdot 4H_2O$.

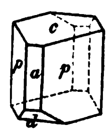
Spec. Gew. 3,175 Schulten[20]).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1{,}9048 : 1 : 1{,}0378; \quad \beta = 96°28'$ Schulten[20]).

Die von Erlenmeyer und Heinrichs[16]) dargestellten kleinen Krystalle sind nach Haushofer[15]) (l. c. 197) Combinationen $p\{110\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $d\{10\bar{1}\}$ (Fig. 879). Schulten erhielt durch Lösen von $CO_3Mn$ in Phosphorsäurelösung und langsames Zufügen von Ammoniak prismatische Combinationen derselben Formen mit untergeordnetem $\omega\{11\bar{1}\}$.

Fig. 879.




| | Berechnet: | Beobachtet: Schulten: | Haushofer: |
|---|---|---|---|
| $p : a = (110) : (100) =$ | — | *62° 9′ | 63° 9′ |
| $d : p = (20\bar{1}) : (110) =$ | — | *70 53 | — |
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *83 32 | 82 26 |
| $d' : c = (\bar{2}01) : (001) =$ | 50°59′ | 50 53 | 49 53 |
| $\omega : d = (11\bar{1}) : (20\bar{1}) =$ | 47 27 | 48 0 ca. | — |
| $\omega : p = (11\bar{1}) : (110) =$ | 41 54 | 41 30 » | — |

Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; eine Schwingungsrichtung in $\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe 25° im spitzen Winkel $\beta$.

### Dihydrogenpentacadmiumtetraorthophosphat-(Ditricadmiumphosphat-) Tetrahydrat = $(PO_4)_4Cd_5H_2 \cdot 4H_2O$.

Spec. Gew. 4,161 Schulten[20]).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1{,}8965 : 1 : 1{,}0318; \quad \beta = 96°44'$ Schulten[20]).

Schulten (l. c. 127) stellte das Salz in derselben Weise dar, wie dasjenige des Mangans, und beobachtete die gleichen Formen, wie an jenen, außer $d$; die Krystalle waren durch Vorherrschen von $a\{100\}$ abgeplattet.

20) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904, **27**, 123. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 191.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p : a = (110) : (100) =$ | — | *62° 2′ |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (100) =$ | — | *73 21 |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *86 58 |
| $\omega : p = (11\bar{1}) : (110) =$ | 42° 7′ | 42 6 |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | 51 1 | 51 2 |
| $a : c = (100) : (001) =$ | 83 16 | 83 27 |

Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; eine Schwingungsrichtung in $\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe 8° im spitzen Winkel $\beta$.

### Zinkorthophosphat-(Trizinkphosphat-)Tetrahydrat = $(PO_4)_2Zn_3 . 4H_2O$ (nat. Hopeït).

Spec. Gew. 3,109 Schulten[21]).
Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0{,}5759 : 1 : 0{,}4759$ Schulten[21]).

Friedel und Sarasin[22]) erhielten durch Erhitzen einer Phosphorsäurelösung mit Zinkoxyd oder -carbonat in geschlossenem Rohre Krystalle mit den Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$ und $d\{103\}$, welche aber nur ganz approximative Messungen gestatteten. Gut meßbare Krystalle stellte Schulten dar durch allmähliche Zufügung von Ammoniak zu einer Lösung von gefälltem Zinkphosphat in Schwefelsäure; diese zeigten die Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $n\{120\}$, $l\{130\}$, $L\{160\}$, $t\{103\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$ und waren prismatisch nach der $c$-Axe, wobei entweder $a\{100\}$ oder $b\{010\}$ vorherrschte.

Die natürlichen Krystalle zeigen außerdem auch $\{110\}$ und $\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $d : a = (103) : (100) =$ | — | *74° 36′ |
| $q : d = (011) : (103) =$ | — | *29 29 |
| $q : b = (011) : (010) =$ | 64° 33′ | 64 33 |
| $r : d = (101) : (103) =$ | 24 10 | 24 3 |
| $d : L = (103) : (160) =$ | 85 46 | 85 36 |
| $L : a = (160) : (100) =$ | 73 52 | 73 33 |
| $L : l = (160) : (130) =$ | 13 56 | 14 4 |
| $n : a = (120) : (100) =$ | 49 2 | 48 57 |
| $q : L = (011) : (160) =$ | 65 37 | 65 37 |
| $q : n = (011) : (120) =$ | 71 3 | 71 10 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen, nach $b\{010\}$ ziemlich vollkommen, nach $c\{001\}$ deutlich.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe $b$, Axenwinkel klein.

### Ferroorthophosphat-(Triferrophosphat-)Oktohydrat = $(PO_4)_2Fe_3 . 8H_2O$ (nat. Vivianit).

Spec. Gew. 2,58—2,68 (nat. Kryst.).
Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}7498 : 1 : 0{,}7015$; $\beta = 104° 26'$ G. vom Rath (nat. Kryst.).

21) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904, 27, 100. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 41, 184.

22) C. Friedel u. Sarasin, Bull. soc. fr. min. 1879, 2, 153. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 4, 409.

Das noch nicht in meßbaren Krystallen künstlich dargestellte Mineral bildet prismatische Krystalle mit den Formen {110}, {100}, {010}, {111}, {112}, {11$\bar{1}$}, {10$\bar{1}$} u. a.

Spaltbarkeit nach {010} sehr vollkommen.

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu {010}, 1. Mittellinie bildet mit der *c*-Axe $61\frac{1}{2}^{\circ}$ im stumpfen Winkel $\beta$, $2V = 73^{\circ}4'$ rot, $73^{\circ}10'$ gelb, $73^{\circ}26'$ blau; $\beta = 1{,}590$ rot, 1,592 gelb, 1,604 blau (Des Cloizeaux).

### Ferroorthoarsenat-(Triferroarsenat-)Oktohydrat = $(AsO_4)_2Fe_3 . 8H_2O$ (nat. Symplesit).

Spec. Gew. 2,96 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}7806 : 1 : 0{,}6812$; $\beta = 107^{\circ}17'$ Krenner (nat. Kryst.).

Die natürlichen Krystalle sind kleine Prismen {010}, {110}, {100} mit den Endflächen {001} und {013}.

Spaltbarkeit nach {010} sehr vollkommen.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu {010}, Axenwinkel sehr groß; die in {010} gelegene Mittellinie bildet mit der *c*-Axe $31\frac{3}{4}^{\circ}$ im stumpfen Winkel $\beta$.

### Kobaltoorthoarsenat-(Trikobaltoarsenat-)Oktohydrat = $(AsO_4)_2Co_3 . 8H_2O$ (nat. Erythrin).

Spec. Gew. 2,95 (nat. Kryst.).

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}7937 : 1 : 0{,}7356$; $\beta = 105^{\circ}9'$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Schulten[4]) erhielt durch allmähliches Mischen der warmen Lösungen von Kobaltsulfat und Dinatriumarsenat kleine Krystalle der Combination {010}, {110}, {11$\bar{1}$}.

Das Mineral zeigt vorherrschend die Formen: {010}, {110}, {100} und am Ende {11$\bar{1}$} und {10$\bar{1}$}.

Spaltbarkeit nach {010} sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ; 1. Mittellinie Axe *b*; Brechungsindices nach Gaubert für *Na*: $\alpha = 1{,}6263$, $\beta = 1{,}6614$, $\gamma = 1{,}6986$ (nat. Kryst.).

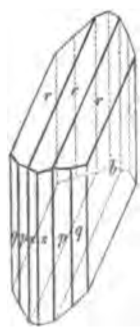
### Magnesiumorthophosphat-(Trimagnesiumphosphat-)Diskaiikosihydrat = $(PO_4)_2Mg_3 . 22H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 0{,}5188 : 1 : 0{,}5741$; $\beta = 120^{\circ}31'$ Haushofer[23]).

An Krystallen, welche im Laboratorium von Erlenmeyer dargestellt worden waren, beobachtete Haushofer die Combination (Fig. 880): *b*{010}, *p*{110}, *s*{320}, *q*{230}, *c*{001}, *r*{011}.

Fig. 880.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b\ r := (011) : (010) =$ | — | *73° 45' |
| $b\ p := (110) : (010) =$ | — | *65 55 |
| $p\ r := (011) : (110) =$ | — | *56 0 |
| $c\ p := (110) : (001) =$ | 62° 23' | 62 23 |
| $b\ s := (320) : (010) =$ | 73 24 | 73 19 |
| $b\ q := (230) : (010) =$ | 56 10 | 56 0 |

23) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1882, 6, 137.

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ ca. 32° zur Kante $br$ geneigt.

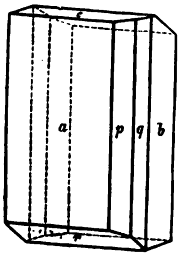
**Hydrogenkaliumdimagnesiumdiorthosphat- (Kaliumditrimagnesiumphosphat-) Pentakaidekahydrat = $(PO_4)_2Mg_2KH.15H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,9418:1:0,5003$ Haushofer[7]).

$\alpha = 90^\circ 7'$, $\beta = 92^\circ 4'$, $\gamma = 95^\circ 48'$.

Fig. 881.




Das aus demselben Laboratorium, wie das vorige, stammende Salz bildet nach Haushofer (l. c. 262) kleine Tafeln nach $a\{100\}$ mit den Randflächen $b\{010\}$, $p\{110\}$, $q\{120\}$, $c\{001\}$ und $r\{10\bar{1}\}$ (Fig. 881).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *87° 5' |
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *84 11 |
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *64 9 |
| $p:a = (110):(100) =$ | — | *40 31 |
| $r:p = (10\bar{1}):(110) =$ | — | *70 34 |
| $q:a = (120):(100) =$ | 57° 24' | 57 33 |

Eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe ca. 12°.

**Tetrahydrogendiammoniumtrimagnesiumtetraorthophosphat-Oktohydrat (Hannayit) = $(PO_4)_4Mg_3(NH_4)_2H_4.8H_2O$.**

Spec. Gew. 1,89 (nat. Kryst.).
Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,6990:1:0,9743$ G. vom Rath (nat. Kryst.).

$\alpha = 122^\circ 31'$, $\beta = 126^\circ 46'$, $\gamma = 54^\circ 10\frac{1}{2}'$.

Das Mineral bildet kleine Prismen $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{100\}$ mit den Endflächen $\{001\}$ und $\{13\bar{3}\}$.
Spaltbarkeit nach $\{001\}$, $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$ und $\{130\}$.

**Kaliummagnesiumorthophosphat-Hexahydrat = $PO_4MgK.6H_2O$.**

Fig. 882.

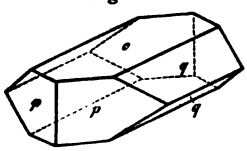
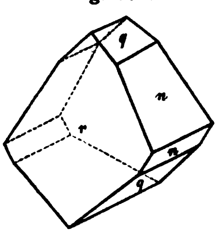



Fig. 883.




Rhombisch pyramidal.

$a:b:c = 0,5584:1:0,9001$ Haushofer[7]).

Haushofer (l. c. 262) beobachtete als gewöhnlichste die Combination Fig. 882: $c\{001\}$, $q\{011\}$ und $p\{120\}$ mit ungleicher Entwicklung der oberen und unteren $c$-Fläche, zuweilen aber auch die in Fig. 883 dargestellte Combination: $r\{101\}$, $n\{021\}$, $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *83° 59' |
| $p:p = (120):(1\bar{2}0) =$ | — | *96 19 |
| $p:q = (120):(011) =$ | 59° 53' | 60 6 |
| $r:r = (101):(10\bar{1}) =$ | 63 38 | 63 38 |
| $n:n = (021):(02\bar{1}) =$ | 58 6 | 58 0 |
| $q:n = (011):(021) =$ | 18 58 | 18 55 |

**Ammoniummagnesiumorthophosphat-Hexahydrat** = $PO_4MgNH_4 . 6H_2O$
(nat. Struvit, Guanit).

Spec. Gew. 1,711 Schulten[24]), 1,65—1,70 (nat. Kryst.).
Rhombisch pyramidal.

$a : b : c = 0{,}5667 : 1 : 0{,}9121$ Sadebeck (nat. Kryst.).

Das bekannte Salz, welches sich wegen seiner Schwerlösigkeit aus allen wässerigen Lösungen, die dessen Bestandteile enthalten, ausscheidet, kommt in Guanoablagerungen, Torfmooren, in Abzugskanälen usw. in Krystallen vor, welche entweder der Fig. 882 ähnlich sind, aber statt der unteren Flächen *n* und *q* groß ausgebildet $b\{010\}$ und $c'\{00\bar{1}\}$ zeigen oder nach $b\{010\}$ tafelförmig sind. An Krystallen aus Fleischpepton beobachtete Arzruni[25]) ferner $t\{507\}$ und $i\{121\}$. Richter[26]) beschrieb die durch langsame Mischung entsprechender Lösungen sich bildenden Krystalle und wies nach, daß die Deutung der hierbei entstehenden mikroskopischen Formen, wie sie früher Haushofer[27]) gegeben hatte, unrichtig sei. Schulten[24]) (l. c. 95) beobachtete an den aus einer gemischten Lösung von Ammoniumphosphat, Ammoniumsulfat und Magnesiumsulfat ausgeschiedenen Krystallen die Combination: $b\{010\}$, $r\{101\}$, $c\{001\}$, $n\{02\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: Arzruni: | Richter: | Schulten: |
|---|---|---|---|---|
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1)$ | = 84° 44′ | — | 85° 48′ | — |
| $p : p = (120) : (1\bar{2}0)$ | = 97 6 | 96° 39′ | — | — |
| $r : r = (101) : (10\bar{1})$ | = 63 41 | — | 63 30 | 63° 48′ |
| $n : n = (021) : (02\bar{1})$ | = 57 28 | 58 21 | 57 15 | 57 21 |
| $q : r = (011) : (101)$ | = 57 4 | — | 57 29 | — |
| $n : r = (021) : (101)$ | = 75 19½ | 75 50 | — | 75 9 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ ziemlich vollkommen, nach $b\{010\}$ deutlich.

Doppelbrechung positiv; Axenebene $c\{001\}$, 1. Mittellinie Axe *b*, $2E = 46°32'$ rot (bei 95° C. = 51°50′), 47°30′ gelb, 48°46′ violett, $\beta = 1{,}497$ rot, 1,502 gelb nach Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Der obere Pol der *c*-Axe ist der antiloge, der untere der antiloge Pol der Pyroëlektricität.

**Ammoniummagnesiumorthoarsenat-Hexahydrat** = $AsO_4MgNH_4 . 6H_2O$.

Spec. Gew. 1,932 Schulten[24]).
Rhombisch pyramidal.

$a : b : c = 0{,}5675 : 1 : 0{,}9122$ Schulten[24]).

Das Salz wurde von Schulten (l. c. 97) nach derselben Methode wie das vorhergehende dargestellt; die nach $b\{010\}$ oder nach $c\{001\}$ tafelförmigen Krystalle zeigten außer diesen Formen $\varrho\{10\bar{1}\}$, $r\{101\}$, $p\{120\}$, $q\{011\}$, $n\{021\}$ und entweder $\varkappa\{01\bar{1}\}$ oder $\nu\{02\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $p : p = (120) : (1\bar{2}0)$ | = — | *97° 14′ |
| $p : r = (120) : (101)$ | = — | *55 51 |
| $r : \varrho = (101) : (10\bar{1})$ | = 63° 46′ | 63 42 |
| $n : b = (021) : (010)$ | = 28 44 | 28 30 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $c\{001\}$.

24) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 95. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 98.
25) Arzruni, Zeitschr. f. Krystall. 1891, **18**, 60.
26) Richter, Tschermaks min. u. petrogr. Mitteil. 1901, **20**, 89. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 506.
27) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1880, **4**, 43.

**Ammoniumcalciumorthophosphat-Heptahydrat = $PO_4CaNH_4 . 7H_2O$.**

Spec. Gew. 1,561 Schulten[28].

Monoklin sphenoïdisch.

$$a:b:c = 0{,}5256 : 1 : 0{,}5932; \quad \beta = 91^\circ 26'$$ Schulten[28].

Schulten erhielt nach der Methode von Lasne Krystalle der Combination: $b'\{0\bar{1}0\}$, $m\{110\}$, $q\{011\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $n\{120\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : c$ | $= (100):(001) =$ | — | *88° 34′ |
| $q : b$ | $= (011):(010) =$ | — | *59 20 |
| $m : b$ | $= (110):(010) =$ | — | *62 17 |
| $m' : q$ | $= (\bar{1}10):(011) =$ | 77° 24′ | 77 20 |
| $n : b$ | $= (120):(010) =$ | 43 35 | 43 44 |
| $r : a$ | $= (101):(100) =$ | 40 55 | 40 51 |
| $o : r$ | $= (111):(101) =$ | 21 14 | 21 17 |
| $\varrho : a$ | $= (10\bar{1}):(100) =$ | 42 10 | 42 3 |
| $\omega : \varrho$ | $= (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 21 43 | 21 44 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe 9° im spitzen Winkel $\beta$.

**Ammoniumcalciumorthoarsenat-Heptahydrat = $AsO_4CaNH_4 . 7H_2O$.**

Spec. Gew. 1,905 Schulten[29].

Monoklin (sphenoïdisch?).

$$a:b:c = 0{,}5339 : 1 : 0{,}6036; \quad \beta = 91^\circ 23'$$ Schulten[29].

Das Salz wurde von Schulten durch Einwirkung von Ammoniak auf eine verdünnte Lösung von Dicalciumarsenat in überschüssiger Salzsäure dargestellt; dünne Täfelchen nach $b\{010\}$, begrenzt von $m\{110\}$, $n\{120\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $r\{101\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$. Bei rascher Krystallisation verschwinden die Zonen [001] und [101].

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : c$ | $= (100):(001) =$ | — | *88° 37′ |
| $q : b$ | $= (011):(010) =$ | — | *58 53 |
| $m : b$ | $= (110):(010) =$ | — | *61 54 |
| $m : n$ | $= (110):(120) =$ | 18° 47′ | 18 45 |
| $o : b$ | $= (111):(010) =$ | 68 26 | 68 31 |
| $\omega : b$ | $= (11\bar{1}):(010) =$ | 67 58 | 67 52 |
| $m : \omega$ | $= (110):(11\bar{1}) =$ | 38 25 | 38 16 |
| $\omega' : c$ | $= (\bar{1}11):(001) =$ | 52 48 | 53 9 |
| $m : c$ | $= (110):(001) =$ | 88 47 | 88 50 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$; eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ bildet mit der $c$-Axe 9° im spitzen Winkel $\beta$.

**Natriummagnesiumorthophosphat-Enneahydrat = $PO_4MgNa . 9H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}2588 : 1 : 1{,}4380$$ Haushofer[7].

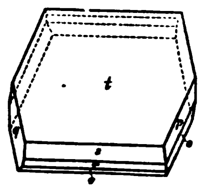
$$\alpha = 89^\circ 42', \qquad \beta = 93^\circ 13', \qquad \gamma = 89^\circ 31'.$$

28) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1904, **27**, 97. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **42**, 484.
29) A. de Schulten, Bull. soc. fr. min. 1903, **26**, 9. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 172.

Die aus dem Laboratorium von Erlenmeyer erhaltenen Krystalle sind dünne Tafeln der Combination (Fig. 884): $t\{201\}$, $s\{20\bar{1}\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $v\{10\bar{2}\}$, $p\{110\}$, $q\{1\bar{1}0\}$, $o\{24\bar{1}\}$, zuweilen sehr schmal $c\{001\}$ (Haushofer l. c. 260).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $t:p = (201):(110) =$ | — | *55° 24′ |
| $t:q = (201):(1\bar{1}0) =$ | — | *54 0 |
| $t:s = (201):(20\bar{1}) =$ | — | *47 14 |
| $q:s = (1\bar{1}0):(201) =$ | — | *51 30 |
| $p:q = (110):(\bar{1}10) =$ | — | *77 49 |
| $t:r = (201):(10\bar{1}) =$ | 65° 34′ | 65 0 |
| $t:v = (201):(10\bar{2}) =$ | 85 46 | 85 30 |
| $r:q = (101):(1\bar{1}0) =$ | 62 5 | 62 0 |
| $t:o = (201):(24\bar{1}) =$ | 77 40 | 75 58 |

Fig. 884.




Eine Schwingungsrichtung in $t\{201\}$ bildet 15° mit der Kante $ts$.

**Natriummagnesiumorthoarsenat-Enneahydrat = $AsO_4MgNa.9H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 1{,}2401:1:1{,}4796 \text{ Haushofer}^{7)}.$$
$$\alpha = 87^\circ 22', \qquad \beta = 95^\circ 20', \qquad \gamma = 87^\circ 24'.$$

Das Salz zeigt nach Haushofer (l. c. 261) dieselben Formen, wie das vorige, außer $o$; die Krystalle sind häufig nach der $b$-Axe verlängert.

| | | |
|---|---|---|
| $t:p = (201):(110) =$ | *54° 40′ | beob. |
| $t:q = (201):(1\bar{1}0) =$ | *53 54 | » |
| $p:q = (110):(\bar{1}10) =$ | *77 57 | » |
| $t:v = (201):(10\bar{2}) =$ | *84 58 | » |
| $q:v = (1\bar{1}0):(10\bar{2}) =$ | *71 35 | » |

Auslöschungsschiefe auf $t\{201\} = 20°$ ca.

## Orthophosphate usw. mit drei- und mehrwertigen Metallen, deren Hydrate und Halogenverbindungen.

Was zunächst die einfachen, normalen, wasserfreien Salze dreiwertiger Metalle betrifft, so liegen über diese folgende Angaben vor: **Aluminiumorthophosphat** = $PO_4Al$ erhielt Schulten[1]) durch Erhitzen einer Lösung von Natriumaluminat mit Phosphorsäure auf 250° in positiv doppeltbrechenden, hexagonalen Prismen vom spec. Gew. 2,59. **Aluminiumorthoarsenat** = $AsO_4Al$ bildet nach Goguel[2]) oktaëderähnliche, wahrscheinlich monokline (1. Mittellinie der optischen Axen ⊥ {010}), nicht meßbare Kryställchen. Schulten[3]) beschreibt ein Verfahren, durch welches es gelingt, $PO_4Bi$ und $AsO_4Bi$ in kleinen, monoklinen Krystallen zu erhalten, für welche keine Messungen mitgeteilt wurden. **Wismutorthovanadat** = $VO_4Bi$ kommt als Mineral Pucherit in rhombischen Krystallen ($a:b:c$ = 0,5327 :

1) A. de Schulten, Compt. rend. 1884, **98**, 1583. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **11**, 194.
2) Goguel, Contrib. à l'ét. d. arsén. et antim. Bordeaux 1894, 52. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **30**, 206.
3) A. de Schulten, Compt. rend. 1903, **136**, 1444. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **41**, 107.

1 : 2,3357) vor. Salze der seltenen Erden sind die Mineralien Xenotim, **Yttriumorthophosphat** = $PO_4Y$, und Monazit = $PO_4(Ce, La, Di)$, von welchen der erste tetragonal ($a : c$ = 1 : 0,6177), der zweite monoklin ($a : b : c$ = 0,9742 : 1 : 0,9227, $\beta$ = 103° 46′) krystallisiert; da der Xenotim z. Teil nicht unbeträchtliche Mengen $Cer$, der Monazit auch etwas Yttrium enthält, stehen beide Mineralien wohl im Verhältnisse der Isodimorphie zu einander. Übrigens wurden die Verbindungen $PO_4Di$, $PO_4La$ und $PO_4Ce$ auch künstlich in mikroskopischen Krystallen erhalten, welche nach Des Cloizeaux[4]) dem Monazit in ihren Eigenschaften ähneln. Das tetragonale Mineral Fergusonit ($a : c$ = 1 : 1,464) ist eine isomorphe Mischung von der Zusammensetzung $(Nb, Ta)O_4Y$.

Die Zusammensetzung wasserfreier basischer Salze haben folgende Mineralien: Augelith = $PO_4Al_2(OH)_3$, monoklin, $a : b : c$ = 1,6419 : 1 : 1,2708, $\beta$ = 112° 26′; der rhombische Kraurit hat nach einigen Analysen die Formel $PO_4Fe_2(OH)_3$, während andere davon abweichen; Atelestit kann als $AsO_4(BiO)_2(Bi.2OH)$ aufgefaßt werden, er krystallisiert monoklin ($a : b : c$ = 0,9334 : 1 : 1,5051, $\beta$ = 109° 17′).

Von wasserhaltigen Salzen ist nur ein saures bekannt, das trikline **Trihydrogenchromiorthophosphat-Oktohydrat** = $(PO_4)_2CrH_3.8H_2O$. Unter den Mineralien, welche die Zusammensetzung normaler Salze besitzen, sind nur zwei deutlich krystallisiert, der rhombische Strengit, **Ferriorthophosphat-Dihydrat** = $PO_4Fe.2H_2O$, und der damit isomorphe Skorodit, **Ferriorthoarsenat-Dihydrat** = $AsO_4Fe.2H_2O$; die erstere Verbindung erhielt Schulten[5]) durch Erhitzen einer Eisenchlorid- und Phosphorsäurelösung auf 180° in mikroskopischen monoklinen Täfelchen {010} mit {100} und {001}, $\beta$ = 65°, Auslösungsschiefe 38°, {010} Axenebene, Zwillinge nach {100} und {001}. Ein von Schiff[6]) dargestelltes **Chromiorthophosphat-Hexahydrat** = $PO_4Cr.6H_2O$ beschreibt Panichi[6]) als trikline sechsseitige Tafeln mit den ebenen Winkeln 70°, 60° und 50°. Größer ist die Zahl der krystallisierten Mineralien, welche die Zusammensetzung basischer Salze haben; hierher gehören die beiden rhombischen Mineralien Peganit = $PO_4Al_2(OH)_3.1\frac{1}{2}H_2O$ und Fischerit = $PO_4Al_2(OH)_3.2\frac{1}{2}H_2O$, deren Krystallform nur unvollständig bekannt ist, ferner der monokline Eleonorit = $(PO_4)_2(Fe.OH)_3.2\frac{1}{2}H_2O$ ($a : b : c$ = 2,755 : 1 : 4,016, $\beta$ = 131° 27′), der rhombische Wavellit = $(PO_4)_2(Al.OH)_3.5H_2O$ ($a : b : c$ = 0,557 : 1 : 0,408) und der kubische Pharmakosiderit, dessen Formel $(AsO_4)_2(Fe.OH)_3.5H_2O$ nicht ganz sicher festgestellt ist.

Basische Doppelsalze von zwei- und dreiwertigen Metallen sind: der monokline Lazulith = $(PO_4)_2(Al.OH)_2(Mg, Fe)$, der ebenfalls rhombische Flinkit = $AsO_4Mn.2Mn(OH)_2$, der ebenfalls rhombische Synadelphit =

4) Des Cloizeaux, Ann. chim. phys. 1886, (6) 8, 226.
5) A. de Schulten, Compt. rend. 1885, 100, 1522. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 12, 640.
6) Schiff (Krystallbest. v. Panichi), Zeitschr. f. anorg. Chemie 1905, 48, 304.

$2AsO_4(Mn, Al).5Mn(OH)_2$ und der trigonale Hämatolith $= AsO_4(Al, Mn).4Mn(OH)_2$. Außerdem gehört hierher ein von Arzruni[7]) beschriebenes Product des Deacon-Processes von der Zusammensetzung $(AsO_4)_4Fe_3(FeO)Cu$; dasselbe bildet trikline Täfelchen {010} mit {110}, {011} u. a. Flächen; (110) : (010) = 84¼°, (011) : (010) = 29½°. Wasserhaltig sind die folgenden Mineralien: Mazapilit $= (AsO_4)_4Fe_4(OH)_6Ca_3.3H_2O$, rhombisch ($a : b : c =$ 0,8616 : 1 : 0,9969), Eosphorit und Childrenit, isomorphe Mischungen von $PO_4(Al.2OH)Mn.H_2O$ und $PO_4(Al.2OH)Fe.H_2O$, rhombisch ($a : b : c =$ 0,777 : 1 : 0,515—0,525), endlich der monokline Lirokonit, dessen Formel $(AsO_4)_5Al_4(OH)_{15}Cu_9.2H_2O$ noch zweifelhaft ist.

Halogenhaltige Doppelsalze ein- und dreiwertiger Metalle sind der trikline Amblygonit, eine isomorphe Mischung von $PO_4(AlF)Li$ und $PO_4(Al.OH)Li$, sowie der seltene Durangit $= AsO_4(AlF)Na$, welcher monoklin krystallisiert ($a : b : c =$ 0,7715 : 1 : 0,8223, $\beta =$ 115°13′).

Einfache Orthophosphate vierwertiger Metalle sind bisher noch nicht in meßbaren Krystallen erhalten worden, sondern nur eine Halogenverbindung und mehrere Doppelsalze. Die erstere ist ein **Uranochlorophosphat** $= (PO_4)_4U_3.UCl_4$, welches rhombisch krystallisiert. Doppelsalze von *Zr*, *Th* und *Sn* mit einwertigen Metallen sind in mikroskopischen Krystallen, aber ohne Messungen, beschrieben worden; nähere krystallographische Untersuchungen liegen nur von den folgenden Doppelsalzen des vierwertigen Urans vor. **Dinatriumuranoorthophosphat** $= (PO_4)_2UNa_2$ und **Dikaliumuranoorthophosphat** $= (PO_4)_2UK_2$ krystallisieren zwar beide rhombisch mit ähnlichem Axenverhältnisse $b : c$, können aber wegen der sonstigen Verschiedenheiten ihrer Krystalle nicht als isomorph betrachtet werden. Außer dem eben erwähnten Natriumsalze wurden noch zwei von weniger einfacher Zusammensetzung gemessen, das monokline **Natriumdiuranoorthophosphat** $= (PO_4)_3U_2Na$ und das rhombische **Dodekanatriumtriuranoorthophosphat** $= (PO_4)_8U_3Na_{12}$, endlich zwei Doppelsalze mit zweiwertigen Metallen: **Calciumuranoorthophosphat** $= (PO_4)_2UCa$ und **Strontiumuranoorthophosphat** $= (PO_4)_2USr$, welche auffallenderweise nicht isomorph sind, indem das erste monoklin, das zweite, wenn auch mit sehr ähnlichen Axenverhältnissen, rhombisch krystallisiert.

Die Verbindung des sechswertigen Urans mit 2 Atomen Sauerstoff, das Uranyl, verhält sich in den Salzen wie ein zweiwertiges Metall, daher ist die Frage berechtigt, ob dasselbe nicht wenigstens in Verbindungen mit großem Molekulargewichte zweiwertige Metalle isomorph zu ersetzen imstande sei; bisher liegt noch kein geeignetes Material zur Prüfung dieser Frage vor, und auch die bis jetzt gemessenen Uranylsalze der Phosphorsäure und verwandter Säuren bieten kein solches dar. Das **Hydrogenuranylorthophosphat-Tetrahydrat** $= PO_4(UO_2)H.4H_2O$ krystallisiert tetragonal; das entsprechende Arsenat $AsO_4(UO_2)H.4H_2O$, mit welchem wahrscheinlich

7) Arzruni, Zeitschr. f. Krystall. 1894, 23, 530.

ein von Goguel[2]) (l. c. 56) in citrongelben, negativ einaxigen, quadratischen Blättchen erhaltenes Salz identisch ist, zeigt nach Bourgeois[8]) stärkere Doppelbrechung und zahlreiche Zwillingslamellen. Von diesen beiden, wahrscheinlich also nur pseudotetragonalen Körpern leiten sich nun durch Vertretung des Wasserstoffs durch ein zweiwertiges Metall (unter Verdoppelung des Moleküles) die Salze ab, welche die Mineralgruppe der »Uranite« bilden; von diesen krystallisieren Autunit (Kalkuranit) = $(PO_4)_2(UO_2)_2Ca.8H_2O$, Uranospinit = $(AsO_4)_2(UO_2)_2Ca.8H_2O$, und der nicht genau meßbare Uranocircit = $(PO_4)_2(UO_2)_2Ba.8H_2O$ rhombisch, aber ausgezeichnet pseudotetragonal, Torbernit (Kupferuranit) $(PO_4)_2(UO_2)_2Cu.8H_2O$ und Zeunerit = $(AsO_4)_2(UO_2)_2Cu.8H_2O$ tetragonal mit fast genau denselben Winkeln; da der von Winkler[9]) künstlich dargestellte Uranospinit nach Goldschmidt[10]) optisch einaxig ist, so handelt es sich bei den zweierlei, geometrisch fast identischen Formen dieser Gruppe um einen besonders instructiven Fall der Polysymmetrie. Außerdem existieren noch zwei unvollkommen krystallisierende Uranylverbindungen unter den Mineralien, der monokline Trögerit = $(AsO_4)_2(UO_2)_3.12H_2O$ und der trikline Walpurgin = $As_4O_{28}Bi_{10}(UO_2)_3.10H_2O$.

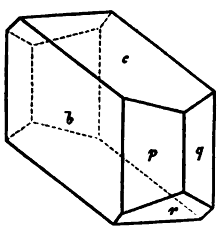
**Trihydrogenchromiorthophosphat-Oktohydrat = $(PO_4)_2CrH_3.8H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0{,}7282:1:0{,}7053$ Haushofer[11]).

Das im Laboratorium von Erlenmeyer dargestellte Salz zeigt die Combination (Fig. 885): $b\{010\}$, $c\{001\}$, $p\{1\bar{1}0\}$, $q\{110\}$, $r\{10\bar{1}\}$; letztere Form fehlt oft.

Fig. 885.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:b = (110):(010) =$ | — | *77° 30′ |
| $q:c = (110):(001) =$ | — | *70 50 |
| $b:c = (0\bar{1}0):(001) =$ | — | *72 0 |
| $q:r = (110):(10\bar{1}) =$ | — | *62 57 |
| $b:r = (0\bar{1}0):(10\bar{1}) =$ | — | *79 0 |
| $r:c' = (10\bar{1}):(00\bar{1}) =$ | 62° 0′ | 60 0 ca. |
| $p:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 62 29 | 62 30 |
| $b:p = (0\bar{1}0):(1\bar{1}0) =$ | 38 1 | 38 0 |
| $p:q = (1\bar{1}0):(110) =$ | 64 29 | 64 27 |

Eine Schwingungsrichtung in $b\{010\}$ 36° zur Kante $bc$ im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt.

Farbe tief violett mit starkem Pleochroïsmus in $b\{010\}$ (carmoisin-kornblumblau).

**Ferriorthophosphat-Dihydrat** (Strengit) = $PO_4Fe.2H_2O$.

Spec. Gew. 2,87 (nat. Kryst.).

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}8652:1:0{,}9827$ Bruhns und Bußz (nat. Kryst.).

Die häufige Combination $\{100\}$, $\{120\}$, $\{111\}$ ähnelt einer hexagonalen Bipyramide mit Basis.

8) Bourgeois, Bull. soc. fr. min. 1898, 21, 32. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 32, 636.
9) Winkler, Journ. f. prakt. Chemie 1873, (2) 7, 14.
10) Goldschmidt, Zeitschr. f. Krystall. 1899, 31, 478.
11) Haushofer, Zeitschr. f. Krystall. 1883, 7, 263.

### Ferriorthoarsenat-Dihydrat (Skorodit) = $AsO_4Fe.2H_2O$.

Spec. Gew. 3,28 Bourgeois und Verneuil[12]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,8658:1:0,9541$ G. vom Rath (nat. Kryst.).

Bourgeois und Verneuil[12]) erhielten durch Erhitzen von Eisen mit concentrierter Arsensäurelösung auf 140°—150° Krystalle mit vorherrschenden $o\{111\}$ und untergeordneten $s\{201\}$, $k\{012\}$, $r\{101\}$, $n\{120\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$. Metzke[13]) erhielt bei derselben Temperatur die Combination $a\{100\}$, $o\{111\}$, $n\{120\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$, hat aber keine Messungen angestellt.

Die natürlichen Krystalle zeigen häufig die pseudohexagonale Combination $\{111\}$, $\{120\}$, $\{100\}$, sind aber nicht selten auch flächenreicher.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = 65°20′ | 65°36′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ | = 77 8 | 77 51 |
| $o:o_, = (111):(11\bar{1})$ | = 68 54 | 67 42 |
| $n:n' = (120):(\bar{1}20)$ | = 59 56 | 60 0 |
| $s:s = (201):(20\bar{1})$ | = 48 48 | 47 50 |
| $k:k = (012):(0\bar{1}2)$ | = 51 0 | 52 13 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene $\{100\}$, 1. Mittellinie Axe $c$, $2E = 130°58'$ rot, $129°32'$ gelb, $122°25'$ blau nach Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

### Uranochlorophosphat = $(PO_4)_4U_2.UCl_4$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,8376:1:0,3737$ Schulten[14]).

Dargestellt von Colani[14]) durch Einwirkung von überschüssigem Uranotetrachlorid in der Hitze auf Metaphosphorsäure oder ein Uranophosphat; Prismen $m\{110\}$, zuweilen mit schmalem $a\{100\}$, am Ende $r\{101\}$; häufig Zwillinge nach $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | = 79°54′ | 80° 0′ |
| $m:r = (110):(101)$ | = — | *71 48 |
| $r:r = (001):(\bar{1}01)$ | = — | *48 5 |

Spaltbarkeit nach $r\{101\}$ und nach $a\{100\}$ vollkommen.

### Dinatriumuranoorthophosphat = $(PO_4)_2UNa_2$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6766:1:0,4006$ Schulten[14]).

Die von Colani (l. c. 137) durch Schmelzen von $UO_2$ mit $P_2O_5$, $PO_3Na$ und $NaCl$ dargestellten smaragdgrünen Krystalle zeigen die Combination $m\{110\}$, $o\{111\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | = — | *38° 2′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11)$ | = — | *57 36 |
| $o:m = (111):(110)$ | = 54°26′ | 54 26 |
| $o:'m = (111):(1\bar{1}0)$ | = 77 30 | 77 27 |

12) Bourgeois u. Verneuil, Compt. rend. 1880, **90**, 223. Bull. soc. fr. min. 1880, **3**, 32. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **5**, 406.
13) Metzke, N. Jahrb. f. Min. usw. 1898, **1**, 169. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **33**, 178.
14) Colani (kryst. Unters. v. A. de Schulten), Ann. chim. phys. 1907, (8) **12**, 127.

**Dikaliumuranoorthophosphat = $(PO_4)_2UK_2$.**

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}3711:1:0{,}3902$ Schulten[14]).

Dargestellt von Colani (l. c. 131) durch Schmelzen von $UO_2$, $PO_4K_3$ und $KCl$; blaßgrüne Krystalle mit den Formen $m\{110\}$, $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *40° 43′ |
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *82 44 |
| $m:{}'q = (110):(0\bar{1}1) =$ | 97° 16′ | 97 17 |

**Natriumdiuranoorthophosphat = $(PO_4)_2U_2Na$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 2{,}5605:1:1{,}1918;\quad \beta = 101°3'$ Schulten[14]).

Die von Colani (l. c. 135) durch Schmelzen von $UO_2$ mit $PO_3Na$ und $NaCl$ erhaltenen, tiefgrünen Krystalle zeigen nach Schulten die Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $x\{311\}$ und sind meist nach $a\{100\}$ tafelförmig.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *78° 57′ |
| $m:a = (110):(100) =$ | 68° 18′ | 68 19 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 49 3 | 49 10 |
| $o:a = (111):(100) =$ | 66 43 | 66 50 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *54 3 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | — | *79 50 |
| $x:a = (311):(100) =$ | 43 52 | 43 51 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, eine derselben senkrecht zu $a\{100\}$; die Mittellinien bilden 45° mit der $c$-Axe.

**Dodekanatriumtriuranoorthophosphat = $(PO_4)_8U_3Na_{12}$.**

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}5758:1:0{,}2157$ Schulten[14]).

Grüne Krystalle, welche vorherrschend $r\{101\}$, untergeordnet $m\{110\}$ und $b\{010\}$ zeigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *59° 52′ |
| $m:r = (110):(101) =$ | — | *72 18 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 41° 4′ | 41 1 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $c\{001\}$.

**Calciumuranoorthophosphat = $(PO_4)_2UCa$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}508:1{,}124;\quad \beta = 93°29'$ Schulten[14]).

Die von Colani durch Schmelzen von $(PO_3)_4U$ und $CaCl_2$ erhaltenen grünen Krystalle zeigen nach Schulten (l. c. 140) außer der vorherrschenden Form $a\{100\}$ noch $n\{210\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, selten $q\{011\}$ und eine Aushöhlung ungefähr von der Lage $\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $n:a = (210):(100) =$ | — | *36° 58′ |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | — | *61 46 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 87° 41′ | 87 37 |
| $\omega:n = (11\bar{1}):(210) =$ | — | *39 18 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$. Deutlicher Pleochroïsmus.

**Strontiumuranoorthophosphat = $(PO_4)_2USr$.**

Rhombisch. $a:b:c = 1,474:1:1,165$ Schulten[14]).

Dargestellt von Colani (l. c. 141) durch Schmelzen von $(PO_3)_4U$ und $SrCl_2$; grüne, deutlich pleochroïtische dünne Tafeln nach $a\{100\}$, begrenzt von $q\{011\}$ und $r\{101\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *81° 17′ |
| $r:a = (101):(100) =$ | — | *51 41 |
| $r:q = (101):(011) =$ | 59° 16′ | 59 15 |

Ebene der optischen Axen $c\{001\}$.

**Hydrogenuranylorthophosphat-Tetrahydrat = $PO_4(UO_2)H.4H_2O$.**

Tetragonal. $a:c = 1:1,7284$ Bourgeois[8]).

Aus einer Lösung dieses Salzes, welche mit $HCl$ und $CaCl_2$ versetzt war, erhielt Bourgeois schöne gelbe quadratische Tafeln der Combination: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $x\{229\}$, $y\{1.1.30\}$.

$o:c = (111):(001) = 67°45'$ beob.
$x:c = (229):(001) = 28\ 30$ »
$y:c = (1.1.30):(001) = 4\ 39$ »

Doppelbrechung negativ.

**Calciumdiuranylorthophosphat-Oktohydrat = $(PO_4)_2(UO_2)_2Ca.8H_2O$**
(nat. **Autunit**).

Spec. Gew. 3,1—3,2 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,9875:1:2,8517$ Des Cloizeaux (nat. Kryst.).

Das Mineral bildet pseudotetragonale Combinationen $\{001\}$, $\{101\}$, $\{011\}$, untergeordnet zuweilen $\{112\}$, $\{110\}$.
Spaltbarkeit nach $\{001\}$ sehr vollkommen.
Doppelbrechung negativ; Axenebene $\{010\}$, 1. Mittellinie $c$-Axe, $2E = 59°—60°$.

**Calciumdiuranylorthoarsenat-Oktohydrat = $(AsO_4)_2(UO_2)_2Ca.8H_2O$**
(nat. **Uranospinit**).

Spec. Gew. 3,45 (nat. Kryst.).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 1$ ca. $:1:2,9136$ Weisbach (nat. Kryst.).

Dünne quadratische Tafeln nach $\{001\}$, begrenzt von $\{101\}$, $\{102\}$, $\{012\}$ u. a. Formen.
Spaltbarkeit nach $\{001\}$ vollkommen.

**Cupridiuranylorthophosphat-Oktohydrat = $(PO_4)_2(UO_2)_2Cu.8H_2O$**
(nat. **Torbernit**).

Spec. Gew. 3,4—3,6 (nat. Kryst.).
Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:2,9361$ Schrauf (nat. Kryst.).

Die gewöhnliche Combination des Minerales ist {001}, {101}; andere Formen untergeordnet.

Spaltbarkeit nach {001} sehr vollkommen.

Doppelbrechung negativ.

**Cupridiuranylorthoarsenat-Oktohydrat = $(AsO_4)_2(UO_2)_2Cu.8H_2O$**
(nat. Zeunerit).

Spec. Gew. 3,53 (nat. Kryst).

Ditetragonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 2,9125$ Weisbach (nat. Kryst.).

Tafelförmige Krystalle nach {001} mit {101}, {201} usw.

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.

Doppelbrechung negativ.

## Polyvanadate, -niobate und -tantalate.

Die vanadinsauren Salze, in welchen das Verhältnis $V_2O_5 : MeO$ größer ist, als 1 : 1 (dasjenige der Metavanadate), sind Salze von Polysäuren, deren Constitution noch völlig fraglich ist; von manchen derselben ist schon die empirische Zusammensetzung noch zweifelhaft, und die krystallographischen Untersuchungen derselben, die sämtlich wasserhaltige Verbindungen betreffen, bedürfen z. Teil ebenfalls noch der Ergänzung und Bestätigung.

Dem Verhältnisse 1 : 1 am nächsten steht das **Lithium-$\frac{4}{3}$-vanadat-Dodekahydrat** = $V_8O_{23}Li_6.12H_2O$, dessen wahrscheinlich trikline Krystallform nur unsicher bestimmt ist. Nach dem Verhältnisse 3 : 2 zusammengesetzt sind folgende Salze: **Lithium-$\frac{3}{2}$-vanadat-Pentakaidekahydrat** = $V_6O_{17}Li_4.15H_2O$, triklin (?); **Natrium-$\frac{3}{2}$-vanadat-Hexakaidekahydrat** = $V_6O_{17}Na_4.16H_2O$, ebenfalls triklin; **Magnesium-$\frac{3}{2}$-vanadat-9$\frac{1}{2}$-Hydrat** = $V_6O_{17}Mg_2.9\frac{1}{2}H_2O$, ebenfalls triklin und auffallend ähnlich den Doppelsalzen $V_5O_{14}MnK.8H_2O$, $V_5O_{14}CoK.8H_2O$ und $V_5O_{14}ZnK.8H_2O$ (bei der Analyse dieses Salzes wurde eine kleine Menge Kalium gefunden, aber weniger, als der etwa zu vermutenden Formel $V_5O_{14}MgK.8H_2O$ entsprechen würde).

Unter den Salzen mit dem Verhältnisse $V_2O_5 : MeO = 5 : 3$ hat das **Kalium-$\frac{5}{3}$-vanadat-Pentahydrat** = $V_5O_{14}K_3.5H_2O$ zwei verschiedene, monokline Modificationen, welche sich auch neben einander bilden können, von denen aber die eine sich als stabile dadurch erweist, daß die zweite beim Umkrystallisieren sich in die erste umwandelt, nicht umgekehrt. **Baryum-$\frac{5}{3}$-vanadat-Enneakaidekahydrat** = $V_{10}O_{28}Ba_3.19H_2O$ krystallisiert triklin. **Magnesium-$\frac{5}{3}$-vanadat-Oktokaiïkosihydrat** = $V_{10}O_{28}Mg_3.28H_2O$ erhielten Sugiura und Baker[1]) aus essigsaurer Lösung in zweierlei Krystallen von gleicher Zusammensetzung, beide triklin, aber von verschiedener Form, die eine gelbbraun bis fast schwarz, die andere von der Farbe des Kaliumdichromates. Hierher gehören ferner die drei oben erwähnten, isomorphen, triklinen

1) Sugiura u. Baker, Journ. Chem. Soc. London 1879, **35**, 715. Ann. d. Chemie 1879, **202**, 250. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **6**, 640.

Doppelsalze **Kaliummangano-, Kaliumkobalto-** und **Kaliumzink-$\frac{5}{3}$-vanadat-Oktohydrat** $= V_5O_{14}MnK.8H_2O$, $V_5O_{14}CoK.8H_2O$ und $V_5O_{14}ZnK.8H_2O$, endlich das ebenfalls trikline **Gadolinium-$\frac{5}{3}$-vanadat-Hexakaiïkosihydrat** $= V_{10}O_{28}Gd_2.26H_2O$. Nur wenig säurereicher, als die vorhergehenden Salze, ist das monoklin krystallisierende **Dikaliumtristrontium-$\frac{7}{4}$-vanadat-Triakontahydrat** $= V_{14}O_{39}Sr_3K_2.30H_2O$.

Die einfachste Zusammensetzung, entsprechend dem Verhältnisse $V_2O_5 : MeO = 2:1$, besitzen die folgenden Salze: **Natriumdivanadat-Tetrahydrat** $= V_4O_{11}Na_2.4H_2O$; der triklinen Krystallform dieser Verbindung, über welche in der chemischen Literatur nichts veröffentlicht wurde, sind sehr ähnlich die ebenfalls triklinen Formen von **Kalium-** und **Ammonium-divanadat-Tetrahydrat** $= V_4O_{11}K_2.4H_2O$ und $V_4O_{11}(NH_4)_2.4H_2O$; obgleich auch über das letztere Salz keine chemische Publication existiert, kann seine Zusammensetzung wegen der unzweifelhaften Isomorphie mit dem Kaliumsalze als sicher betrachtet werden. **Magnesiumdivanadat-Okto-Hydrat** $= V_4O_{11}Mg.8H_2O$ und **Strontiumdivanadat-Enneahydrat** $= V_4O_{11}Sr.9H_2O$ krystallisieren monoklin; von beiden Salzen liegen nur ältere Messungen ohne optische Untersuchung vor.

Nach dem Verhältnisse $V_2O_5 : MeO = 5:2$ zusammengesetzt ist das tetragonal krystallisierende **Ammonium-$\frac{5}{2}$-vanadat-Dekahydrat** $= V_{10}O_{27}(NH_4)_4.10H_2O$.

Das säurereichste Salz endlich ist das trikline **Kaliumcupritrivanadat-Heptakaidekahydrat** $= V_9O_{24}CuK.17H_2O$.

Außer der Vanadinsäure bilden auch die Niob- und Tantalsäure ähnliche Salze von complicierter Zusammensetzung, deren Kenntnis wir den Untersuchungen von Marignac verdanken; unter den von ihm gemessenen Verbindungen befindet sich jedoch keine, welche unter den Polyvanadaten ihr Analogon hätte, so daß keine Gelegenheit zu krystallochemischen Vergleichungen beider Salzreihen gegeben ist.

**Kalium-$\frac{7}{8}$-niobat-Diskaitriakontahydrat** $= Nb_{14}O_{43}K_{16}.32H_2O$ krystallisiert rhombisch.

**Kalium-$\frac{3}{4}$-niobat-Hexakaidekahydrat** $= Nb_6O_{19}K_8.16H_2O$ und **Kalium-$\frac{3}{4}$-tantalat-Hexakaidekahydrat** $= Ta_6O_{19}K_8.16H_2O$ bilden vollkommen isomorphe monokline Krystalle. **Natrium-$\frac{3}{4}$-tantalat-Pentakaiïkosihydrat** $= Ta_6O_{19}Na_8.25H_2O$ krystallisiert hexagonal.

### Lithium-$\frac{4}{3}$-vanadat-Dodekahydrat $= V_8O_{22}Li_6.12H_2O$.

Triklin (?), Elemente unsicher.

Die kleinen vielfach verwachsenen Krystalle zeigen nach Rammelsberg[2]) die Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $q\{011\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$ und sind nach der $c$-Axe verlängert. Die nur approximativen Messungen ergaben:

2) Rammelsberg, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1883, 3f. Wiedemanns Ann. d. Phys. 1883, **20**, 928f. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 286f.

| | |
|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) = 49^\circ 30'$ | $m:\varkappa = (110):(0\bar{1}1) = 58^\circ 30'$ |
| $m:a = (110):(100) = 72\ 30$ | $\mu:q = (1\bar{1}0):(011) = 48\ 20$ |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) = 58\ 10$ | $m:r = (110):(101) = 75\ \ 0$ |
| $a:r = (100):(101) = 56\ 30$ | $q:r = (011):(101) = 50\ \ 0$ |
| $a:\varrho' = (100):(\bar{1}01) = 74\ 45$ | $n:r = (0\bar{1}1):(101) = 48\ \ 0$ |
| $r:\varrho' = (101):(\bar{1}01) = 48\ 20$ | $q:a = (011):(100) = 80\ 15$ |
| $m:q = (110):(011) = 51\ 44$ | |

### Lithium-$\frac{3}{2}$-vanadat-Pentakaidekahydrat = $V_6O_{17}Li_4 . 15H_2O$.

Triklin (?), Elemente unsicher.

Rammelsberg[2]) beobachtete an den bald matt werdenden Krystallen die Combination: $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$ und mit kleineren Flächen $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$.

| | |
|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) = 100^\circ$ | $c:\varrho' = (001):(10\bar{1}) = 46^\circ$ |
| $m:a = (110):(100) = 50$ | $c:o = (001):(111) = 51$ |
| $c:m = (001):(110) = 61$ | $c:p = (001):(1\bar{1}1) = 49$ |
| $c:\mu = (001):(1\bar{1}0) = 86$ | $o:\mu = (111):(1\bar{1}0) = 45$ |
| $a:c = (100):(001) = 73$ | $p:m = (1\bar{1}1):(110) = 69\frac{1}{2}$ |
| $a:\varrho = (100):(10\bar{1}) = 59\frac{1}{2}$ | |

### Natrium-$\frac{3}{2}$-vanadat-Hexakaidekahydrat = $V_6O_{17}Na_4 . 16H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}9189 : 1 : 1{,}0250 \text{ Rammelsberg}^{2)}.$$
$$\alpha = 83^\circ 52', \quad \beta = 91^\circ 19', \quad \gamma = 94^\circ 31'.$$

Die von Rammelsberg dargestellten, schönen roten Krystalle wurden von ihm und von Websky gemessen; beobachtete Formen: $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $q\{011\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, $r\{101\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $c\{001\}$, $t\{0\bar{1}2\}$; gewöhnlich nach der $b$-Axe verlängert.

| | Berechnet: | Beobachtet: Websky: | Beobachtet: Rammelsberg: |
|---|---|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | $85^\circ 26'$ | — | $85^\circ 50'$ |
| $c:q = (001):(011) =$ | — | $^*42^\circ 34\frac{1}{2}'$ | 42 30 |
| $c:\varkappa = (001):(0\bar{1}1) =$ | — | *46 29 | — |
| $c:r = (001):(101) =$ | — | *49 3 | 49 20 |
| $c:\varrho' = (001):(\bar{1}01) =$ | — | *47 3 | 47 0 |
| $c:m = (101):(110) =$ | 86 57 | 87 13 | — |
| $c:\mu = (001):(1\bar{1}0) =$ | 95 22 | 95 3 | — |
| $\mu:q = (1\bar{1}0):(011) =$ | 56 57 | 56 56 | 56 40 |
| $\mu:\varkappa = (1\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | 61 57 | 61 47 | 61 40 |
| $\mu:r = (1\bar{1}0):(101) =$ | 59 18 | 59 7 | 59 15 |
| $\mu:\varrho = (1\bar{1}0):(10\bar{1}) =$ | $51\ 50\frac{1}{2}$ | 51 52 | — |
| $q:r = (011):(101) =$ | 63 44 | — | 63 40 |
| $\varkappa:\varrho' = (0\bar{1}1):(\bar{1}01) =$ | — | $^*66\ 12\frac{1}{2}$ | — |

### Magnesium-$\frac{3}{2}$-vanadat-$9\frac{1}{2}$-Hydrat = $V_6O_{17}Mg_2 . 9\frac{1}{2}H_2O$.

Triklin pinakoidal.

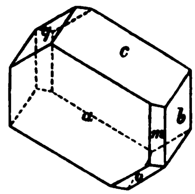
$$a:b:c = 0{,}7928 : 1 : 0{,}9506 \text{ Fock}^{3)}.$$
$$\alpha = 114^\circ 28', \quad \beta = 108^\circ 18', \quad \gamma = 74^\circ 17'$$

3) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1890, 17, 6.

Dargestellt von Manasse[4]); die aus essigsaurer Lösung erhaltenen Krystalle zeigen nach Fock die Combination (Fig. 886): $a\{100\}$, $c\{001\}$, $q\{0\bar{1}1\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{11\bar{1}\}$; die letzte Form fehlt häufig.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *99° 23′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *76 41 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *68 51 |
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *43 19 |
| $q:b' = (0\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | — | *58 14 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 63° 39′ | 63 52 |
| $q:a = (0\bar{1}1):(100) =$ | 69 34 | 69 20 |
| $o:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 44 44 | 44 28 |
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 53 51 | 53 45 |

Fig. 886.




Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ und $c\{001\}$ vollkommen.

Durch $a\{100\}$ ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar; eine Schwingungsrichtung in $a\{100\}$ bildet mit der $c$-Axe 20° im spitzen Winkel $\alpha$.

## Kalium-$\frac{5}{3}$-vanadat-Pentahydrat = $V_5O_{14}K_3 . 5H_2O$.

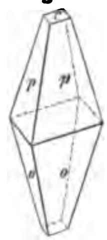
### Stabile Modification.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,5931:1:3,0752; \quad \beta = 101°50'$ Fock[3]).

Die von Radau[5]) erhaltenen Krystalle haben nach Fock (l. c. 3) die Form der Fig. 887: $p\{111\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $c\{001\}$.

Fig. 887.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *113° 14′ |
| $o':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *80 21 |
| $p:c = (111):(001) =$ | — | *68 34 |
| $p:p = (111):(1\bar{1}1) =$ | 104° 4′ | 103 59 |
| $p:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | 62 44 | 62 57 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ unvollkommen.

### Metastabile Modification.

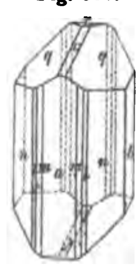
Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,5902:1:0,6040; \quad \beta = 117°40'$ Fock[3]).

Die nach Radau zuweilen neben denen der stabilen Modification sich bildenden Krystalle zeigen nach Fock (l. c. 2) die Formen (Fig. 888): $a\{100\}$, $n\{120\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$, $r\{\bar{1}01\}$, selten $m\{210\}$ und $l\{110\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *62° 20′ |
| $q:q = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *56 24 |
| $a:r = (100):(10\bar{1}) =$ | — | *57 44 |
| $n:n = (120):(1\bar{2}0) =$ | 92° 33′ | 92 34 |
| $c:n = (001):(120) =$ | 71 17 | — |
| $q:n = (011):(120) =$ | 51 22 | 51 30 |
| $q:n' = (011):(\bar{1}20) =$ | 86 38 | 86 40 |
| $q:r' = (011):(\bar{1}01) =$ | 63 48 | 63 40 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 65 51 | 66 2 |

Fig. 888.



4) Manasse, Ann. d. Chemie 1887, **240**, 49.

5) Radau, Ann. d. Chemie 1889, **251**, 122.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $n:r = (120):(10\bar{1})$ | $= 68°21'$ | — |
| $l:r = (110):(10\bar{1})$ | $= 61\ 46$ | $62°\ 0'$ ca. |
| $l:l = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 55\ 12$ | 55 0 » |
| $m:m = (210):(2\bar{1}0)$ | $= 29\ 18$ | 29 0 » |
| $l:q = (110):(011)$ | $= 54\ 26$ | 54 23 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

**Baryum-$\frac{5}{3}$-vanadat-Enneakaidekahydrat = $V_{10}O_{28}Ba_3 . 19H_2O$.**

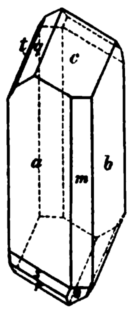
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7805:1:0{,}9528 \text{ Fock}^{3)}.$$

$$\alpha = 116°53', \quad \beta = 122°13', \quad \gamma = 71°9'.$$

Dargestellt von Manasse[4]) aus essigsaurer Lösung; Combination (Fig. 889): $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $q\{0\bar{1}1\}$, $t\{0\bar{2}1\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $s\{20\bar{1}\}$, $o\{11\bar{1}\}$. Einige ältere Messungen von Grailich[6]) wurden an einem Präparate von Hauer, welcher dem Salze eine andere Formel zugeschrieben hatte[7]), angestellt.

Fig. 889.




| | Berechnet: | Beobachtet: Fock: | Grailich: |
|---|---|---|---|
| $a:b = (100):(010)$ | = — | $*96°13'$ | $96°14'$ |
| $a:c = (100):(001)$ | = — | *69 32 | 69 28 |
| $b:c = (010):(001)$ | = — | *62 40 | 62 45 |
| $a:m = (100):(110)$ | = — | *41 56 | — |
| $b':q = (0\bar{1}0):(0\bar{1}1)$ | = — | *63 42 | — |
| $c:m = (001):(110)$ | $= 53°34'$ | 53 35 | — |
| $a:q = (100):(0\bar{1}1)$ | = 63 12 | 63 5 | — |
| $b':t = (0\bar{1}0):(0\bar{2}1)$ | = 33 36 | 33 35 | — |
| $a:t = (100):(0\bar{2}1)$ | = 70 11 | 70 14 | — |
| $a:r = (100):(10\bar{1})$ | = 51 39 | 51 26 | — |
| $b:r' = (010):(\bar{1}01)$ | = 61 8 | 61 13 | — |
| $a:s = (100):(20\bar{1})$ | = 27 5 | 26 55 | 26 2 |
| $b:s' = (010):(\bar{2}01)$ | = 70 16 | 70 14 | — |
| $a:o = (100):(11\bar{1})$ | = 53 56 | 53 48 | — |
| $b:o = (010):(11\bar{1})$ | = 72 56 | 72 58 | — |
| $m:o = (110):(11\bar{1})$ | = 47 19 | — | — |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

**Magnesium-$\frac{5}{3}$-vanadat-Oktokaiikosihydrat = $V_{10}O_{28}Mg_3 . 28H_2O$.**

**Braune Modification.**

Fig. 890.

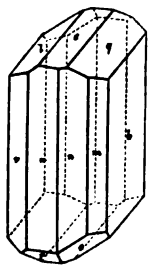
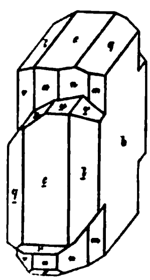


Fig. 891.



Spec. Gew. 2,199 Sugiura und Baker[1]).
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}997:1:1{,}009 \text{ Sugiura und Baker}^{1)}.$$

$$\alpha = 89°24', \quad \beta = 104°20', \quad \gamma = 82°22'.$$

Beobachtete Formen (Fig. 890): $b\{010\}$, $a\{100\}$, $n\{210\}$, $\nu\{2\bar{1}0\}$, $m\{110\}$, $q\{012\}$, $c\{001\}$, $l\{0\bar{1}2\}$, $o\{11\bar{1}\}$, $r\{10\bar{1}\}$; nicht selten Zwillinge (Fig. 891), deren $b$-Flächen zusammenfallen und deren Zonenaxen [001] und [100] vice versa parallel sind.

6) Grailich, Krystallogr.-optische Untersuchungen. Preisschr. Wien 1858, 197.
7) K. v. Hauer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1860, 39, 451.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b=(100):(010)$ | $=98^\circ\ 2'$ | $98^\circ 19'$ |
| $m:b=(110):(010)$ | $=50\ 10$ | $50\ 6$ |
| $n:b=(210):(010)$ | $=70\ 54$ | $70\ 54$ |
| $\nu:b'=(2\bar{1}0):(0\bar{1}0)$ | $=57\ 49$ | $58\ 9$ |
| $q:b=(012):(010)$ | $=65\ 50$ | $65\ 25$ |
| $c:b=(001):(010)$ | $=92\ 35$ | $92\ 57$ |
| $l:b'=(0\bar{1}2):(0\bar{1}0)$ | $=61\ 42$ | $61\ 56$ |
| $a:c=(100):(001)$ | $=75\ 27$ | $75\ 31$ |
| $a:r=(100):(10\bar{1})$ | $=51\ 9$ | $51\ 8$ |
| $r:b'=(10\bar{1}):(0\bar{1}0)$ | $=85\ 28$ | $84\ 58$ |
| $r:o=(10\bar{1}):(11\bar{1})$ | $=40\ 19$ | $40\ 22$ |
| $o:b=(11\bar{1}):(010)$ | $=54\ 13$ | $54\ 30$ |
| $o:m=(11\bar{1}):(110)$ | $=40\ 28$ | $40\ 31$ |
| $q:m=(012):(110)$ | $=64\ 10$ | $64\ 10$ |

### Rote Modification.

Spec. Gew. 2,167 Sugiura und Baker[1]).
Triklin pinakoidal.

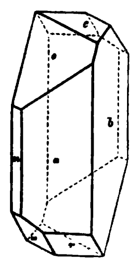
$$a:b:c = 0{,}7922:1:0{,}6760 \text{ Sugiura und Baker}^{1)}.$$

$$\alpha = 93^\circ 35', \qquad \beta = 101^\circ 30', \qquad \gamma = 106^\circ 55'.$$

Die gut ausgebildeten Krystalle (Fig. 892) zeigen die Formen: $b\{010\}$, $a\{100\}$, $n\{1\bar{1}0\}$, $o\{1\bar{1}1\}$, $c\{001\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $r\{10\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b=(100):(001)$ | $=76^\circ 50'$ | $76^\circ 50'$ |
| $r:a=(10\bar{1}):(100)$ | $=55\ 49$ | $55\ 53$ |
| $a:b=(100):(010)$ | $=71\ 56$ | $71\ 47$ |
| $a:n=(100):(1\bar{1}0)$ | $=44\ 18$ | $43\ 55$ |
| $n:o=(1\bar{1}0):(1\bar{1}1)$ | $=43\ 2$ | $43\ 2$ |
| $o:c=(1\bar{1}1):(001)$ | $=40\ 2$ | $40\ 6$ |
| $\omega':c=(\bar{1}11):(001)$ | $=46\ 32$ | $46\ 57$ |
| $r:b'=(10\bar{1}):(0\bar{1}0)$ | $=82\ 49$ | $82\ 53$ |
| $r:\omega=(10\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | $=32\ 13$ | $32\ 16$ |
| $o:r=(1\bar{1}1):(10\bar{1})$ | $=79\ 31$ | $79\ 32$ |
| $\omega:b'=(1\bar{1}\bar{1}):(0\bar{1}0)$ | $=78\ 34$ | $78\ 56$ |
| $\omega:a=(1\bar{1}\bar{1}):(100)$ | $=51\ 40$ | $51\ 40$ |
| $o:a=(1\bar{1}1):(100)$ | $=69\ 44$ | $69\ 54$ |

Fig. 892.



### Kaliummangano-5/3-vanadat-Oktohydrat = $V_5O_{14}MnK.8H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7952:1:0{,}9678 \text{ Fock}^{3)}.$$

$$\alpha = 114^\circ 22', \qquad \beta = 108^\circ 35', \qquad \gamma = 74^\circ 54'.$$

Die von Radau[5]) (l. c. 131) dargestellten Krystalle (Fig. 893 und 894) zeigen die Formen nach Fock (l. c. 9): $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $o\{11\bar{1}\}$, selten $q\{0\bar{1}1\}$. Nicht selten Zwillinge nach $a\{100\}$.

Fig. 893.

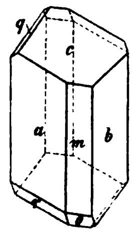
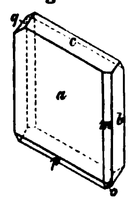


Fig. 894.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *98° 35′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *76 6 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *68 53 |
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *43 2 |
| $c:o' = (001):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | — | *72 45 |
| $m':c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 63° 19′ | 63 17 |
| $b:o = (010):(11\bar{1}) =$ | 71 2 | 71 4 |
| $c:r' = (001):(\bar{1}01) =$ | 56 59 | 56 57 |
| $b:r' = (010):(\bar{1}01) =$ | 66 25 | 66 23 |
| $r:o = (10\bar{1}):(11\bar{1}) =$ | 42 33 | 42 29 |
| $b':q = (0\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | 57 42 | 58 ca. |
| $a:q = (100):(0\bar{1}1) =$ | 69 45 | — |
| $a:o = (100):(11\bar{1}) =$ | 53 31 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

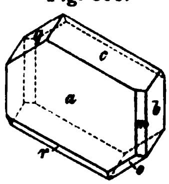
### Kaliumkobalto-$\frac{5}{3}$-vanadat-Oktohydrat = $V_5O_{14}CoK.8H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7861:1:0{,}9679 \text{ Fock}^{3)}.$$
$$\alpha = 114°49', \quad \beta = 109°20', \quad \gamma = 75°5'.$$

Dargestellt von Radau, gemessen von Fock (l. c. 11). Beobachtete Formen (Fig. 895): $a\{100\}$, $c\{001\}$, $b\{010\}$, $q\{0\bar{1}1\}$, $m\{110\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $o\{11\bar{1}\}$; die beiden letzten Formen fehlen zuweilen.

Fig. 895.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *97° 57′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *75 16 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *68 29 |
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *42 23 |
| $b:q = (0\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | — | *58 8 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 62° 31′ | 62 43 |
| $q:a = (0\bar{1}1):(100) =$ | 69 25 | 69 17 |
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 46 59 | 47 5 |
| $r:b = (10\bar{1}):(010) =$ | 66 32 | — |
| $o:m = (11\bar{1}):(110) =$ | 43 44 | 43 58 |
| $o:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 70 58 | — |
| $o:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 53 3 | 53 8 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

### Kaliumzink-$\frac{5}{3}$-vanadat-Oktohydrat = $V_5O_{14}ZnK.8H_2O$.

Fig. 896.

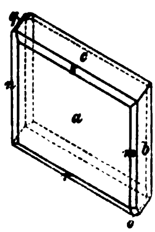
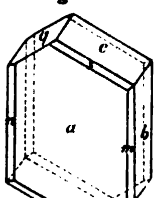



Fig. 897.




Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}8025:1:0{,}9675 \text{ Fock}^{3)}.$$
$$\alpha = 115°2', \quad \beta = 109°39', \quad \gamma = 74°57'.$$

Die von Radau[5]) dargestellten Krystalle sind nach Fock (l. c. 7) meist tafelförmig nach $a\{100\}$ und zeigen damit combiniert $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{1\bar{1}0\}$, $q\{0\bar{1}1\}$, $s\{101\}$, $o\{11\bar{1}\}$, selten $r\{10\bar{1}\}$ (Fig. 896 und 897).

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | — | *97° 45′ |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | — | *74 36 |
| $b:c$ | $= (010):(001) =$ | — | *68 23 |
| $a:n$ | $= (100):(1\bar{1}0) =$ | — | *36 5 |
| $b:q$ | $= (0\bar{1}0):(0\bar{1}1) =$ | — | *58 20 |
| $n:c$ | $= (1\bar{1}0):(001) =$ | 91° 10′ | — |
| $q:a$ | $= (0\bar{1}1):(100) =$ | 69 15 | 68 55 |
| $m:a$ | $= (110):(100) =$ | 42 53 | 42 30 |
| $a:s$ | $= (100):(101) =$ | 34 47 | 34 11 |
| $b:s$ | $= (010):(101) =$ | 82 36 | — |
| $o:m$ | $= (11\bar{1}):(110) =$ | 44 27 | — |
| $o:a$ | $= (11\bar{1}):(100) =$ | 54 4 | — |
| $o:b$ | $= (11\bar{1}):(010) =$ | 70 50 | — |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

**Gadolinium-⅗-vanadat-Hexakaiïkosihydrat = $V_{10}O_{28}Gd_2.26H_2O$.**

Spec. Gew. 2,660.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1{,}7083:1:0{,}9894$ Benedicks[8]).

$\alpha = 84°51'$, $\beta = 94°51'$, $\gamma = 82°13\frac{1}{2}'$.

Die von Benedicks[8]) dargestellten Krystalle sind würfelähnliche Combinationen von $a\{100\}$, $b\{010\}$ und $c\{001\}$ mit Abstumpfungen aller Ecken durch $o\{111\}$, $p\{1\bar{1}1\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und $\pi\{1\bar{1}\bar{1}\}$, untergeordnet noch $\varrho\{10\bar{1}\}$, — oder nach $c$ verlängerte Combinationen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $= (100):(010) =$ | — | *98° 16½′ |
| $a:c$ | $= (100):(001) =$ | 84° 23′ | 84 29 |
| $\varrho:a$ | $= (10\bar{1}):(100) =$ | 64 3 | 64 3 |
| $o:a$ | $= (111):(100) =$ | 68 6 | 68 10½ |
| $\pi:a$ | $= (1\bar{1}\bar{1}):(100) =$ | — | *64 50½ |
| $p:a$ | $= (1\bar{1}1):(100) =$ | — | *60 36 |
| $\omega:a$ | $= (11\bar{1}):(100) =$ | 76 52 | 76 53 |
| $p:b'$ | $= (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | — | *45 14 |
| $o:b$ | $= (111):(010) =$ | 55 49½ | 55 45 |
| $\pi':b$ | $= (\bar{1}11):(010) =$ | — | *48 34⅔ |
| $\omega:b$ | $= (11\bar{1}):(010) =$ | 47 30½ | 47 29 |
| $\omega:\varrho$ | $= (11\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 41 32 | 41 38 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Gelbrot. Ebene der optischen Axen bildet mit (100) 46°, mit $(\bar{1}11)$ 15°, mit $[\bar{1}\bar{1}1]$ 57°—58°; 1. Mittellinie, nahe ‖ (100), bildet 6° mit $[100, 1\bar{1}1]$ und 49° mit [100, 010]. Brechbarkeit ca. 1,74. $2V$ (in Methylenjodid mit Kleins Drehapparate gemessen) = 83° 30′, $\varrho > v$. Pleochroïsmus in der Richtung der 1. Mittellinie nicht merklich, in der 2. Mittellinie Schwingung ‖ Axenebene orangegelb, ⊥ dazu citrongelb.

8) Benedicks, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1900, **22**, 414. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **36**, 628.

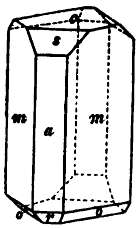
**Dikaliumtristrontium-$\frac{7}{4}$-vanadat-Triakontahydrat = $V_{14}O_{39}Sr_3K_2 . 30H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,4729 : 1 : 1,3744; \quad \beta = 96^\circ 15'$ Fock[3]).

Dargestellt von Manasse[4]) (l. c. 37); Fock (l. c. 4) beobachtete die Formen (Fig. 898): $m\{110\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $s\{101\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $o\{11\bar{2}\}$; die beiden letzten fehlen zuweilen.

Fig. 898.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *111° 20′ |
| $a : c = (100) : (001) =$ | — | *83 45 |
| $r : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | — | *50 25 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 86° 29′ | 86 30 |
| $s : a = (101) : (100) =$ | 43 39 | 43 44 |
| $s : m = (101) : (110) =$ | 65 54 | 65 52 |
| $r : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | 68 54 | 68 44 |
| $o' : c = (\bar{1}12) : (001) =$ | 41 1 | 40 57 |
| $o : o = (11\bar{2}) : (1\bar{1}\bar{2}) =$ | 65 56 | — |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$, durch $c\{001\}$ ein Axenbild unter 20° geneigt zu $\perp$ $\{001\}$ sichtbar.

**Natriumdivanadat-Tetrahydrat = $V_4O_{11}Na_2 . 4H_2O$.**

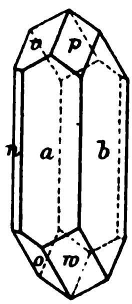
Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,9020 : 1 : 0,6102$ Fock[9]).

$\alpha = 92^\circ 13', \quad \beta = 94^\circ 34', \quad \gamma = 91^\circ 16'.$

Die von Hirsch erhaltenen Krystalle sind nach Fock Combinationen (Fig. 899) der Formen: $b\{010\}$, $a\{100\}$, $p\{111\}$, $v\{1\bar{1}1\}$, $w\{11\bar{1}\}$, $o\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $n\{1\bar{1}0\}$.

Fig. 899.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : b = (100) : (010) =$ | — | *88° 33′ |
| $p : a = (111) : (100) =$ | — | *56 58 |
| $p : b = (111) : (010) =$ | — | *61 57 |
| $o : a = (1\bar{1}\bar{1}) : (100) =$ | — | *63 58 |
| $v : b' = (1\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | — | *66 14 |
| $o' : b = (\bar{1}11) : (010) =$ | 61° 26′ | 61 18 |
| $v : a = (1\bar{1}1) : (100) =$ | 57 8 | 57 8 |
| $n : a = (1\bar{1}0) : (100) =$ | 42 38 | 42 34 |
| $n : v = (1\bar{1}0) : (1\bar{1}1) =$ | 47 2 | 47 1 |
| $w : a = (11\bar{1}) : (100) =$ | 61 58 | 61 56 |
| $w : b = (11\bar{1}) : (010) =$ | 63 3 | 63 0 |
| $v : o' = (1\bar{1}1) : (\bar{1}11) =$ | 83 44 | 83 56 |
| $w' : p = (\bar{1}\bar{1}1) : (111) =$ | 85 16 | — |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

**Kaliumdivanadat-Tetrahydrat = $V_4O_{11}K_2 . 4H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,9543 : 1 : 0,6382$ Fock[9]).

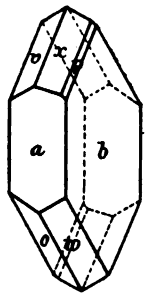
$\alpha = 91^\circ 19\frac{1}{2}', \quad \beta = 91^\circ 2', \quad \gamma = 92^\circ 19\frac{1}{2}'.$

9) Fock, Zeitschr. f. Krystallogr. 1894, 22, 41.

Dieses schon länger bekannte Salz untersuchte Fock (l. c. 39) ebenfalls in einem Präparate von Hirsch; die glänzenden rotbraunen Krystalle zeigten die Combination (Fig. 900): $b\{010\}$, $a\{100\}$, $v\{1\bar{1}1\}$, $x\{131\}$, $w\{11\bar{1}\}$, $o\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $p\{111\}$ (in der hier wiedergegebenen Figur Focks sind offenbar die Flächen $p$ und $x$ verwechselt worden).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *87° 39′ |
| $a:v = (100):(1\bar{1}1) =$ | — | *60 36 |
| $a:w = (100):(11\bar{1}) =$ | — | *60 3 |
| $b:w = (010):(11\bar{1}) =$ | — | *61 42 |
| $b:o' = (010):(\bar{1}11) =$ | — | *61 58 |
| $a:o = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 62° 30′ | 62 35 |
| $b':v = (0\bar{1}0):(1\bar{1}1) =$ | 64 11 | 64 6 |
| $b:x = (010):(131) =$ | 31 39 | 31 36 |
| $a:x = (100):(131) =$ | 70 38 | 70 39 |
| $b:p = (010):(111) =$ | 60 22 | 60 14 |
| $a:p = (100):(111) =$ | 59 12 | — |
| $o':x = (\bar{1}11):(131) =$ | 54 45 | 54 39 |
| $w:x = (11\bar{1}):(131) =$ | 76 53 | — |
| $w':p = (\bar{1}\bar{1}1):(111) =$ | 86 41 | 86 41 |
| $v:o' = (1\bar{1}1):(\bar{1}11) =$ | 84 19 | 84 29 |

Fig. 900.




Keine deutliche Spaltbarkeit.
Durch $b\{010\}$ ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar.

## Ammoniumdivanadat-Tetrahydrat = $V_4O_{11}(NH_4)_2 . 4H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}9534:1:0{,}6377 \text{ Fock}^{9)}.$$

$$\alpha = 91°21', \qquad \beta = 90°54', \qquad \gamma = 92°25'.$$

Dargestellt von Hirsch; die gut ausgebildeten rotbraunen Krystalle zeigen nach Fock (l. c. 40) dieselben Formen und den gleichen Habitus, wie die des Kaliumsalzes (Fig. 899).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *87° 34′ |
| $a:v = (100):(1\bar{1}1) =$ | — | *60 41 |
| $a:w = (\bar{1}00):(\bar{1}\bar{1}1) =$ | — | *59 55 |
| $b:w = (010):(11\bar{1}) =$ | — | *61 43 |
| $b:o' = (010):(\bar{1}11) =$ | — | *62 2 |
| $b':v = (0\bar{1}0):(1\bar{1}1) =$ | 64° 12′ | 64 17 |
| $a:o = (100):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | 62 26 | 62 30 |
| $b:p = (010):(111) =$ | 60 18 | 60 29 |
| $a:p = (100):(111) =$ | 59 15 | — |
| $b:x = (010):(131) =$ | 31 37 | 31 45 |
| $a:x = (100):(131) =$ | 70 37 | 70 33 |
| $o':x = (\bar{1}11):(131) =$ | 54 46 | 54 45 |
| $w':x = (\bar{1}\bar{1}1):(131) =$ | 103 5 | 103 1 |
| $w':p = (\bar{1}\bar{1}1):(111) =$ | 86 43 | 86 37 |
| $v:o' = (1\bar{1}1):(\bar{1}11) =$ | 84 19 | — |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.
Durch $b\{010\}$ ein Axenbild am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar.

### Magnesiumdivanadat-Oktohydrat = $V_4O_{11}Mg.8H_2O$.

Das von C. v. Hauer[7]) dargestellte Salz bildet nach Grailich[6]) (l. c. 198) kleine monokline Prismen *m*{110}, *a*{110} mit den Endflächen *r*{101}, *ϱ*{101}, *q*{011} und *c*{001}.

| | | |
|---|---|---|
| *m* : *m'* = (110) : (1̄10) = | 68° 40' | beob. |
| *r* : *c* = (101) : (001) = | 43 40 | » |
| *q* : *c* = (011) : (001) = | 59 17 | » |

Diese Daten genügen nicht zur Berechnung der Elemente.

### Strontiumdivanadat-Enneahydrat = $V_4O_{11}Sr.9H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0,842:1:1,045$; $\beta = 98°14'$ Grailich[6]).

Dargestellt von C. v. Hauer[7]). Nach Grailich (l. c. 196) sind die Krystalle kubooktaëderähnliche Combinationen von *o*{111}, *ω*{111̄}, *b*{010}, *c*{001} und *a*{100}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *a* : *c* = (100) : (001) = | — | *81° 46' |
| *o* : *o* = (111) : (11̄1) = | — | *62 36 |
| *o* : *c* = (111) : (001) = | — | *53 44 |
| *o* : *a* = (111) : (100) = | 45° 59' | 45 38 |
| *ω* : *ω* = (111̄) : (11̄1̄) = | 70 0 | 71 6 |
| *ω* : *a* = (111̄) : (100) = | 52 32 | 52 8 |
| *ω'* : *c* = (1̄11) : (001) = | 62 53 | 64 4 |
| *o* : *ω'* = (111) : (1̄11) = | 82 29 | 82 7 |

### Ammonium-$\frac{5}{4}$-vanadat-Dekahydrat = $V_{10}O_{27}(NH_4)_4.10H_2O$.

Ditetragonal bipyramidal(?).

$a:c = 1:0,7595$ Rammelsberg[2]).

Die von Rammelsberg dargestellten roten Krystalle zeigen die Formen: *o*{111}, *a*{100}, *c*{001}, *x*{121}, *y*{131}, letztere beide nur schmal und unvollzählig.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *o* : *o* = (111) : (11̄1) = | — | *62° 20' |
| *o* : *o*, = (111) : (111̄) = | 85° 54' | 85 30 |
| *x* : *o* = (121) : (111) = | 19 15 | 19 15 |
| *y* : *a* = (131) : (100) = | 28 52 | 28 55 |
| *y* : *o* = (131) : (111) = | 29 58 | 30 0 |

### Kaliumcupritrivanadat-Heptakaidekahydrat = $V_6O_{24}CuK.17H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,9382:1:1,1059$ Fock[3]).

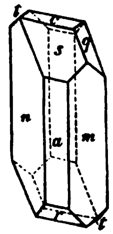
$\alpha = 98°45'$, $\beta = 99°38'$, $\gamma = 85°33'$.

Dargestellt von Radau; nach Fock (l. c. 13) glänzende gelbbraune Krystalle (Fig. 901): *n*{11̄0}, *m*{110}, *a*{100}, *s*{101}, *r*{101̄}, *q*{011}, *c*{001}, *t*{01̄1}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| *a* : *c* = (100) : (001) = | — | *80° 55' |
| *a* : *m* = (100) : (110) = | — | *44 32 |
| *a* : *n* = (100) : (11̄0) = | — | *41 40 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *77° 25′ |
| $a:s = (100):(101) =$ | — | *36 40 |
| $n:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 88° 58′ | 88 59 |
| $s:n = (101):(1\bar{1}0) =$ | 57 24 | 57 45 |
| $s:m = (101):(110) =$ | 50 33 | 50 44 |
| $r:a = (10\bar{1}):(100) =$ | 44 20 | 44 32 |
| $r:m = (10\bar{1}):(110) =$ | 64 12 | 64 6 |
| $r:n = (10\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 52 46 | 53 8 |
| $q:m = (011):(110) =$ | 53 26 | 53 32 |
| $q:n' = (011):(\bar{1}10) =$ | 61 36 | 61 51 |
| $t:m' = (0\bar{1}1):(\bar{1}\bar{1}0) =$ | 68 22 | 68 33 |
| $t:n = (0\bar{1}1):(1\bar{1}0) =$ | 55 0 | 55 0 |
| $t:c = (0\bar{1}1):(001) =$ | 52 1 | 51 52 |
| $t:a = (0\bar{1}1):(100) =$ | 80 56 | 81 7 |
| $q:c = (011):(001) =$ | 43 4 | 43 2 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 85 10 | — |

Fig. 901.




Spaltbarkeit nicht beobachtet.

**Kalium-⅞-niobat-Diskaitriakontahydrat = $Nb_{14}O_{43}K_{16}.32H_2O$.**

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9584 : 1 : 0{,}7083$ Marignac[10]).

Rhombische Bipyramiden $o\{111\}$ mit $c\{001\}$, $a\{100\}$ und $b\{010\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o' = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *59° 20′ |
| $o:o = (111):(\bar{1}11) =$ | 62° 12′ | 62 0 |
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *45 40 |

**Kalium-¾-niobat-Hexakaidekahydrat = $Nb_6O_{19}K_8.16H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7109 : 1 : 0{,}5621;\quad \beta = 94^\circ 18'$ Marignac[10]).

Das von Marignac (l. c. 250 bzw. 252) dargestellte und gemessene Salz zeigt die Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $q\{021\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 40′ |
| $m:c = (110):(001) =$ | — | *85 30 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *45 54 |
| $\omega:b = (11\bar{1}):(010) =$ | 65° 23′ | 65 18 |
| $q:c = (021):(001) =$ | 48 16 | 47 50 |

**Kalium-¾-tantalat-Hexakaidekahydrat = $Ta_6O_{19}K_8.16H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 0{,}7164 : 1 : 0{,}5475;\quad \beta = 95^\circ 19'$ Marignac[11]).

Dargestellt und gemessen von Marignac; Combination gleich dem vorigen Salze.

10) Ch. de Marignac, Bibl. Univ. Arch. sc. phys. nat. Genève 1865, **23**, 252. Oeuvres **2**, 253.

11) Ch. de Marignac, Bibl. Univ. Arch. sc. phys. nat. Genève 1866, **26**, 101. Oeuvres **2**, 323.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *71° 0′ |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | *85 40 |
| $\omega' : c = (\bar{1}11) : (001) =$ | — | *45 15 |
| $\omega : b = (11\bar{1}) : (010) =$ | 65°34′ | 65 24 |
| $q : q = (021) : (001) =$ | 47 30 | 47 35 |

**Natrium-⅘-tantalat-Pentakaiikosihydrat = $Ta_6O_{19}Na_8 . 25H_2O$.**

Hexagonal. $a : c = 1 : 1,0167$ Marignac[11]).

Marignac (l. c. 106 bzw. 327) erhielt dieses Salz in kleinen hexagonalen Tafeln nach $c\{0001\}$, begrenzt von $o\{10\bar{1}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : o = (10\bar{1}1) : (0\bar{1}11) =$ | — | *48°56′ |
| $o : c = (10\bar{1}1) : (0001) =$ | 55°56′ | 55 46 |

## Verbindungen von Phosphaten usw. mit Silicaten, Titanaten, Telluraten, Sulfaten, Molybdaten und Wolframaten.

Man kennt nur eine krystallisierte Verbindung eines Orthophosphates mit einem Silicate, das rhombisch krystallisierende **Calciumorthophosphat-Calciumorthosilicat** = $(PO_4)_2Ca_3 . SiO_4Ca_2$. Eine Verbindung von Arsenat mit Silicat liegt in dem rhombischen Minerale Ardennit vor, welches die Zusammensetzung $Si_5AsO_{28}Al_5(Mn, Mg)_5H_6$ besitzt, aber außer Arsensäure auch Vanadinsäure enthält. Ferner findet sich in der Natur eine Anzahl sehr compliciert zusammengesetzter Verbindungen von Silicaten, besonders aber Titanaten, mit Niobaten von *Fe*, *Ca*, *Na* und den Metallen der seltenen Erden, wie der trigonale Steenstrupin und der pseudohexagonale Britholith (diese enthalten auch Phosphorsäure), der kubische Pyrochlor und Dysanalyt, die rhombischen Mineralien Polymignit, Äschynit, Polykras und Euxenit, der monokline Epistolit u. a. Abgesehen davon, daß es sich hier nicht um reine Verbindungen, sondern um isomorphe Mischungen handelt, ist die Zusammensetzung dieser Mineralien meist noch nicht sicher festgestellt; wahrscheinlich sind es sämtlich Salze complexer Kieselphosphorsäuren bzw. Kieselniobsäuren, Titanniobsäuren usw., deren Constitution noch unbekannt ist.

Salze, welche Phosphorsäure (bzw. Arsensäure) und Tellursäure enthalten, wurden von Weinland und Prause[1]) dargestellt und von Stevanovič[2]) krystallographisch untersucht, nämlich das hexagonale **Natriumtellurmonophosphat** = $P_2O_5 . 2TeO_3 . 2Na_2O . 9H_2O$, das trikline **Ammoniumtellurdiphosphat** = $P_2O_5 . TeO_3 . 2(NH_4)_2O . 4H_2O$ und das damit isomorphe **Ammoniumtellurdiarsenat** = $As_2O_5 . TeO_3 . 2(NH_4)_2O . 4H_2O$, endlich das monokline **Ammoniumtellurtriphosphat** = $3P_2O_5 . 2TeO_3 . 4(NH_4)_2O . 11H_2O$ und das entsprechende Arsenat.

---

1) Weinland u. Prause, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1901, **28**, 58.
2) Stevanovič, Zeitschr. f. Krystall. 1903, **37**, 261.

Verbindungen von Phosphaten bzw. Arsenaten mit Sulfaten bzw. Chromaten sind die folgenden Mineralien, deren Zusammensetzung jedoch nur approximativ und vorläufig durch Formeln dargestellt werden kann: Beudantit = $(PO_4)_2(SO_4)_3Fe_8Pb_3(OH)_{18}$, trigonal; Svanbergit = $(PO_4)_2(SO_4)_2(AlO)_6(Ca.OH)Na_3.3H_2O$, ebenfalls trigonal; Lossenit = $(AsO_4)_6SO_4(Fe.OH)_9Pb.12H_2O$, rhombisch; endlich der monokline Laxmannit = $(PO_4)_2(Pb, Cu)_3.(CrO_4)_2Pb(Pb_2O)$.

Molybdän- und Wolframsäure bilden mit Phosphorsäure, Vanadinsäure usw. complexe Säuren, in welchen das Verhältnis von $P_2O_5$, $V_2O_5$ usw.: $MoO_3$ bzw. $WO_3$ ein sehr verschiedenes ist, von 3 : 1 bis 1 : 24; da die Constitution und Basicität aller dieser Säuren noch keineswegs festgestellt ist, so sind im folgenden die Formeln einiger der krystallographisch untersuchten Salze derselben z. Teil ebenso geschrieben, wie S. 862 diejenigen der tellurphosphorsauren; wie bei anderen complexen Salzen mit ähnlich hohem Molekulargewichte, ist auch hier die Zahl der Krystallwassermoleküle mehrfach unsicher.

Das zuerst genannte Verhältnis ist hierbei nur durch eine Verbindung repräsentiert, das **Ammoniumvanadinwolframat** = $3V_2O_5.WO_3.(NH_4)_2O.6H_2O$, welches nach Rammelsberg[3]) in dunkelbraunen, anscheinend regulären Oktaëdern mit {100} krystallisiert.

Nach dem Verhältnisse 1 : 4 zusammengesetzt sind die vanadinwolframsauren Salze, in welchen nach Rosenheim[4]) 9 Mol. Wasser fester gebunden sind, als die übrigen, und daher in der Formel getrennt werden: **Kaliumvanadinwolframat** = $4V_2O_5.16WO_3.8K_2O.9H_2O.24H_2O$ krystallisiert triklin, **Natriumvanadinwolframat** = $4V_2O_5.16WO_3.8Na_2O.9H_2O.48H_2O$ ebenfalls, **Baryumvanadinwolframat** = $4V_2O_5.16WO_3.8BaO.9H_2O.44H_2O$ rhombisch.

Von der sechsbasischen Phosphormolybdänsäure mit dem Verhältnisse 1 : 5 sind gemessen worden ein saures Salz, das rhombische **Hydrogenpentakaliumphosphormolybdat-9½-Hydrat** = $Mo_5P_2O_{23}K_5H.9\frac{1}{2}H_2O$, und zwei normale, **Kaliumphosphormolybdat-Heptahydrat** = $Mo_5P_2O_{23}K_6.7H_2O$ und **Natriumphosphormolybdat-Tessarakaidekahydrat** = $Mo_5P_2O_{23}Na_6.14H_2O$, beide rhombisch krystallisierend.

Entsprechend dem Verhältnisse $P_2O_5 : WO_3 = 1 : 6$ zusammengesetzt ist das trikline **Hydrogenpentanatriumphosphorwolframat-Oktakaideka(?)-Hydrat** = $W_6P_2O_{26}Na_5H.18H_2O$ (?). Von den Salzen der sechsbasischen Arsenmolybdänsäure desselben Verhältnisses wurde eine große Anzahl untersucht: **Tetrahydrogendiammoniumarsenmolybdat-Dihydrat** = $Mo_6As_2O_{26}(NH_4)_2H_4.2H_2O$ tetragonal, **Tetrahydrogendikaliumarsenmolybdat-Trihydrat** = $Mo_6As_2O_{26}K_2H_4.3H_2O$ ebenfalls tetragonal, **Tetrahydrogendinatriumarsenmolybdat-Dekahydrat** = $Mo_6As_2O_{26}Na_2H_4.10H_2O$ ebenso, **Tetrahydrogendilithiumarsenmolybdat-Dodekahydrat** =

3) Rammelsberg, Ber. d. d. chem. Ges. 1868, **1**, 161.

4) Rosenheim, Ann. d. Chemie 1889, **251**, 216.

$Mo_6As_2O_{26}Li_2H_4 . 12H_2O$ ebenso; **Tetrahydrogencalciumarsenmolybdat-Oktohydrat** = $Mo_6As_2O_{26}CaH_4 . 8H_2O$ rhombisch, **Tetrahydrogenmagnesium-, -mangano-, -nickel-, -kobalto-, -zink-** und **-cadmium-arsenmolybdat-Hendekahydrat** = $Mo_6As_2O_{26}MgH_4 . 11H_2O$, $Mo_6As_2O_{26}MnH_4 . 11H_2O$, $Mo_6As_2O_{26}NiH_4 . 11H_2O$, $Mo_6As_2O_{26}CoH_4 . 11H_2O$, $Mo_6As_2O_{26}ZnH_4 . 11H_2O$ und $Mo_6As_2O_{26}CdH_4 . 11H_2O$ sämtlich monoklin und isomorph, **Tetrahydrogencupriarsenmolybdat-Pentakaidekahydrat** = $Mo_6As_2O_{26}CuH_4 . 15H_2O$ rhombisch.

Das Verhältnis $P_2O_5 : WO_3 = 1 : 12$ zeigen: das trikline **Natriumphosphortrimetawolframat-Oktokaidekahydrat** = $W_{12}P_2O_{43}Na_4 . 18H_2O$, das trigonale **Baryumphosphortrimetawolframat-Pentakaidekahydrat** = $W_{12}P_2O_{43}Ba_2 . 15H_2O$ und die merkwürdigerweise damit ganz übereinstimmend krystallisierenden Salze: **Calciumphosphortrimetawolframat-Enneakaidekahydrat** = $W_{12}P_2O_{43}Ca_2 . 19H_2O$, **Magnesiumphosphortrimetawolframat-Dekahydrat** = $W_{12}P_2O_{43}Mg_2 . 10H_2O$ und **Cupriphosphortrimetawolframat-Hendekahydrat** = $W_{12}P_2O_{43}Cu_2 . 11H_2O$.

Die complexen Säuren mit dem Verhältnisse 1 : 18 werden von den Chemikern, welche sich mit ihnen beschäftigt haben, als dreibasisch betrachtet. **Dihydrogenkaliumarsenmolybdat-Dodekahydrat** = $Mo_9AsO_{31}KH_2 . 12H_2O$ krystallisiert trigonal, **Hydrogendiammoniumarsenmolybdat-Oktohydrat** = $Mo_9AsO_{31}(NH_4)_2H . 8H_2O$ triklin, **Thalloarsenmolybdat** = $Mo_9AsO_{31}Tl_3$ kubisch, **Kaliumphosphormolybdat-Heptahydrat** = $Mo_9PO_{31}K_3 . 7H_2O$ triklin; damit isomorph sind **Kalium-** und **Ammoniumphosphorwolframat-Heptahydrat** = $W_9PO_{31}K_3 . 7H_2O$ und $W_9PO_{31}(NH_4)_3 . 7H_2O$, sowie **Kalium-** und **Ammoniumarsenwolframat-Heptahydrat** = $W_9AsO_{31}K_3 . 7H_2O$ und $W_9AsO_{31}(NH_4)_3 . 7H_2O$; **Natriumarsenmolybdat-Dodekahydrat** = $Mo_9AsO_{31}Na_3 . 12H_2O$ krystallisiert monoklin, **Kaliumarsenmolybdat-** und **Kaliumphosphorwolframat-Tessarakaidekahydrat** = $Mo_9AsO_{31}K_3 . 14H_2O$ und $W_9PO_{31}K_3 . 14H_2O$ hexagonal und isomorph, **Natriumarsenmolybdat-Pentakaidekahydrat** = $Mo_9AsO_{31}Na_3 . 15H_2O$ ebenfalls hexagonal, aber verschieden, **Lithiumarsenmolybdat-Heptakaidekahydrat** = $Mo_9AsO_{31}Li_3 . 17H_2O$ monoklin. Von den Salzen zweiwertiger Metalle sind **Calcium-** und **Strontiumarsenmolybdat-Diskaitriakontahydrat** = $(Mo_9AsO_{31})_2Ca_3 . 32H_2O$ und $(Mo_9AsO_{31})_2Sr_3 . 32H_2O$ triklin und isomorph, **Nickel-, Kobalto-** und **Zinkarsenmolybdat-Heptakaitriakontahydrat** = $(Mo_9AsO_{31})_2Ni_3 . 37H_2O$, $(Mo_9AsO_{31})_2Co_3 . 37H_2O$ und $(Mo_9AsO_{31})_2Zn_3 . 37H_2O$ ebenfalls triklin und unter einander isomorph, während **Cupriarsenmolybdat-Heptakaitriakontahydrat** = $(Mo_9AsO_{31})_2Cu_3 . 37H_2O$ hexagonal krystallisiert.

Dem Verhältnisse 1 : 22 entspricht die Zusammensetzung folgender Salze: **Ammoniumphosphormolybdat-Dodekahydrat** = $Mo_{22}P_2O_{74}(NH_4)_6 . 12H_2O$, monoklin; **Kaliumphosphorwolframat-Henkaitriakontahydrat** = $W_{22}P_2O_{78}K_{14} . 31H_2O$, tetragonal, und **Baryumarsenwolframat-Oktokaitetrakontahydrat** = $W_{22}As_2O_{78}Ba_7 . 48H_2O$, ebenfalls tetragonal; endlich dem

Verhältnisse 1 : 24 die folgenden: **Natriumphosphorwolframat-Triakontahydrat** = $W_{24}P_2O_{80}Na_6.30H_2O$, triklin; **Natriumphosphorwolframat-Diskaitetrakontahydrat** = $W_{24}P_2O_{80}Na_6.42H_2O$ kubisch, und **Baryumphosphorwolframat-(?)Hydrat** = $W_{24}P_2O_{80}Ba_3.xH_2O$ ebenfalls kubisch.

### Calciumorthophosphat-Calciumorthosilicat = $(PO_4)_2Ca_3.SiO_4Ca_2$.

Spec. Gew. 3,04 Carnot und Richard[5]).
Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,6656:1:1,5272$ Miers[6]).

Carnot und Richard untersuchten zuerst die in der Schlacke bei dem Thomas-Gilchrist-Verfahren gebildeten Krystalle und bestimmten die Combinationen: $m\{110\}$, $c\{001\}$; $m\{110\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$; $c\{001\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$; Miers beobachtete die Formen: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $a\{100\}$, $t\{013\}$. Einige Messungen teilten Bücking und Linck[7]) mit, nach welchen die Krystalle monoklin wären (ohne nähere Angaben).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | 67° 18′ | 67° 11′ |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *56 47 |
| $q:m = (011):(110) =$ | — | *62 23 |
| $t:c = (013):(001) =$ | 26 59 | 26 40 |
| $o:q = (111):(011) =$ | 51 29½ | 51 31½ |
| $o:c = (111):(001) =$ | 70 3 | 70 4½ |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ und $m\{110\}$ (Bücking und Linck).
Axenebene $b\{010\}$, Axenwinkel in Öl durch $c\{001\} = 112°—114°$.
Farbe blau mit starkem Pleochroïsmus (von einer Beimengung herrührend).

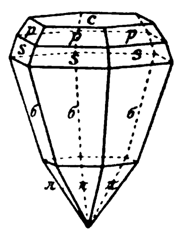
### Natriumtellurmonophosphat = $P_2O_5.2TO_3.2Na_2O.9H_2O$.

Dihexagonal pyramidal.

$a:c = 1:1,3646$ Stevanovič[2]).

Das von Weinland und Prause[1]) dargestellte Salz scheidet sich aus der Lösung, welche Phosphorsäure, Tellursäure und Natriumhydrat im Verhältnis 2 : 1 : 2 enthält, in der durch Fig. 902 dargestellten Combination aus: $c\{0001\}$, $p\{10\bar{1}1\}$, $s\{20\bar{2}1\}$, $\sigma\{20\bar{2}\bar{1}\}$, $\pi\{10\bar{1}\bar{1}\}$; ferner wurden beobachtet: $d\{11\bar{2}2\}$, $x\{10\bar{1}6\}$ und nur einmal $y\{7.7.\bar{1}\bar{4}.6\}$, letztere Form gerundet und deshalb nicht sicher; sehr oft sind die Krystalle spindelförmig ausgebildet, und dann sind nur $p$ und $\sigma$ vorhanden. Aus einer Lösung, in welcher die Säuren und das Natriumhydrat im Verhältnis 4 : 1 : 5,2 stehen, scheiden sich kleine tafelförmige Krystalle mit beiden Basisflächen $\{0001\}$ und $\{000\bar{1}\}$ ab, begrenzt von $\{10\bar{1}1\}$. Zwillinge nach $\{0001\}$ sehr häufig.

Fig. 902.




5) Carnot u. Richard, Compt. rend. 1883, **97**, 316. Bull. soc. fr. min. 1883, **6**, 237. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **10**, 640.

6) Miers, Journ. chem. Soc. Lond. 1887, **51**, 608. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **15**, 520.

7) Bücking u. Linck, Stahl und Eisen 1887, Nr. 4. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **17**, 218.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $c:p=$ | $(0001):(10\bar{1}1)$ | = — | *56°39' |
| $p:p=$ | $(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$ | = 49°22' | 49 10 |
| $c:s=$ | $(0001):(202\bar{1})$ | = 72 30 | 72 10 |
| $s:s=$ | $(20\bar{2}1):(02\bar{2}1)$ | = 57 40 | 57 10 |
| $c:x=$ | $(0001):(10\bar{1}6)$ | = 14 44 | 14 0 |
| $c:y=$ | $(0001):(7.7.\bar{1}\bar{4}.6)$ | = 72 34 | 72 25 |
| $y:y=$ | $(7.7.\bar{1}\bar{4}.6):(14.\bar{7}.\bar{7}.6)$ | = 56 56 | 58 35 |

Keine deutliche Spaltbarkeit. Doppelbrechung negativ.

### Ammoniumtellurdiphosphat = $P_2O_5 . TeO_2 . 2(NH_4)_2O . 4H_2O$.

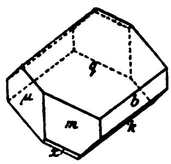
Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7337 : 1 : 0{,}7698 \text{ Stevanovič}^{2)}.$$

$$\alpha = 90^\circ 28', \qquad \beta = 96^\circ 42', \qquad \gamma = 91^\circ 34'.$$

Dargestellt von Weinland und Prause[1]) (l. c. 61); Stevanovič (l. c. 262) beobachtete die Combination (Fig. 903): $q\{011\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $k\{0\bar{1}1\}$, $x\{21\bar{1}\}$ und noch eine sehr schmale, einmal beobachtete Fläche in der Zone $q$ und $k$, wahrscheinlich $\{0\bar{2}1\}$. Die Krystalle sind fast alle verzwilligt, wie die Erscheinung von vier Axenbildern beweist, wobei die Axenebenen entweder einen spitzen oder einen fast rechten Winkel bilden. Es scheinen demnach zwei verschiedene Gesetze von ähnlicher Art, wie das Periklingesetz beim Feldspat, vorzuliegen, deren eines als Zwillingsaxe die Kante $m:q$ hat.

Fig. 903.



| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $b:q$ | $=(010):(011)$ | = — | *52° 7' |
| $b:m$ | $=(010):(110)$ | = — | *52 48 |
| $m:\mu$ | $=(110):(1\bar{1}0)$ | = — | *72 11 |
| $q:k$ | $=(011):(0\bar{1}1)$ | = — | *74 55 |
| $m:q$ | $=(110):(011)$ | = — | *63 36 |
| $q:\mu'$ | $=(011):(\bar{1}10)$ | = 73°42' | 73 50½ |
| $k:\mu$ | $=(0\bar{1}1):(1\bar{1}0)$ | = 64 39 | 65 0 |
| $q':x$ | $=(01\bar{1}):(21\bar{1})$ | = 87 41 | 87 44 |
| $x:\mu$ | $=(21\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | = 60 8 | 60 56 |

Keine deutliche Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv. Die optischen Axen sind sichtbar durch $q$, die Mittellinie einige Grade von der Normale abweichend und die Ebene der Axen ungefähr senkrecht zur Kante $q:m$. Axenwinkel durch diese Fläche gemessen 85° für $Na$-Licht; Dispersion $\varrho < v$ stark.

### Ammoniumtellurdiarsenat = $As_2O_5 . TeO_2 . 2(NH_4)_2O . 4H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7241 : 1 : 0{,}7468 \text{ Stevanovič}^{1)}.$$

$$\alpha = 90^\circ 34', \qquad \beta = 94^\circ 7', \qquad \gamma = 92^\circ 17'.$$

Die ebenfalls von Weinland und Prause dargestellten Krystalle zeigen nach Stevanovič[2]) (l. c. 263) die Formen: $q\{011\}$, $x\{0\bar{1}1\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$ und noch eine schmale, einmal beobachtete Fläche in der Zone $(1\bar{1}0):(0\bar{1}1)$, deren Axenverhältnis für $\{1\bar{5}4\}$ spricht; sie haben dasselbe Aussehen, wie die des Diphosphates, sind aber nicht so gut ausgebildet und verwittern viel leichter.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *71° 52′ |
| $q:x = (011):(0\bar{1}1) =$ | — | *73 38 |
| $m:q = (110):(011) =$ | — | *64 39 |
| $q:\mu' = (011):(\bar{1}10) =$ | — | *73 44 |
| $x:\mu = (0\bar{1}1):(1\bar{1}0) =$ | — | *66 29 |
| $x:m' = (0\bar{1}1):(\bar{1}\bar{1}0) =$ | 72° 31′ | 72 6 |

## Ammoniumtellurtriphosphat = $3P_2O_5 . 2TeO_3 . 4(NH_4)_2O . 11H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$$a:b:c = 0,8097:1:0,6327; \quad \beta = 116^\circ 25'.$$

Dargestellt von Weinland und Prause[1]) (l. c. 63), gemessen von Stevanovič[2]) (l. c. 263). Combination (Fig. 904): $c\{001\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $r\{10\bar{1}\}$, $x\{12\bar{1}\}$; selten kommt auch $l\{150\}$ vor; manchmal sind auch $a$ und $b$ groß, was den Krystallen ein rectanguläres Aussehen gibt. Die Mehrzahl der Krystalle sind Zwillinge nach $c\{001\}$, bei rectangulärem Habitus daher vom Aussehen der Fig. 905.

Fig. 904.

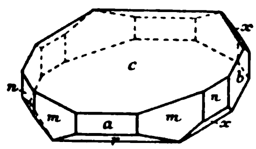
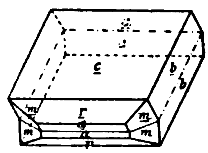


Fig. 905.



| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:m = (100):(110) =$ | — | *35° 57½′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *63 35 |
| $c:r' = (001):(\bar{1}01) =$ | — | *47 3 |
| $c:m = (001):(110) =$ | 68° 54′ | 68 31½ |
| $a:r = (100):(10\bar{1}) =$ | 69 22 | 69 27 |
| $a:n = (100):(120) =$ | 55 1 | 55 3 |
| $x:x = (12\bar{1}):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | 99 46 | 98 34 |
| $m:x = (110):(12\bar{1}) =$ | 50 44 | 51 0 |
| $a:l = (100):(150) =$ | 74 35 | 74 47 |

Keine Spaltbarkeit.

Doppelbrechung positiv. Ebene der optischen Axen senkrecht zu $\{010\}$, im stumpfen Winkel $\beta$ etwa 52° mit der Verticalaxe bildend.

$$2E_{Na} = 71^\circ 30'$$
$$2E_{Li} = 72\ 30.$$

## Ammoniumtellurtriarsenat = $3As_2O_5 . 2TeO_3 . 4(NH_4)_2O . 11H_2O$.

Dargestellt von Denselben l. c. 66. Nach Stevanovič[2]) (l. c. 264) monoklin, mit dem vorigen Salze isomorph, aber nicht so flächenreich. Combination: $c\{001\}$, $m\{110\}$ und $r\{10\bar{1}\}$. Die Krystalle haben dasselbe Aussehen wie die vorigen, aber die Flächen sind sehr schlecht und für die genaue Messung nicht geeignet. Zudem verwittert das Salz sehr leicht.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a:m = (100):(110)$ | von | 32° 22′ | bis | 35° 0′ |
| $c:r' = (001):(\bar{1}01)$ | » | 43 50 | » | 45 54 |
| $c:m = (001):(110)$ | » | 67 53 | » | 70 17 |

**Kaliumvanadinwolframat = $4V_2O_5 . 16WO_3 . 8K_2O . 9H_2O . 24H_2O$.**

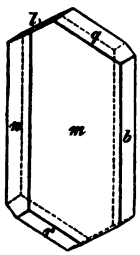
Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,6993 : 1 : 0,6696$ Fock[8]).

$\alpha = 95^\circ 38'$, $\beta = 93^\circ 53'$, $\gamma = 90^\circ 4'$.

Die von Rosenheim[4]) dargestellten Krystalle zeigen nach Fock die Formen: $m\{110\}$ (meist vorherrschend), $n\{1\bar{1}0\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $l\{0\bar{1}1\}$ und $r\{10\bar{1}\}$ (Fig. 906).

Fig. 906.



| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : b$ | $= (100) : (010) =$ | 89° 33′ | — |
| $a : c$ | $= (100) : (001) =$ | 86 6 | — |
| $b : c$ | $= (010) : (001) =$ | 84 21 | — |
| $m : b$ | $= (110) : (010) =$ | — | *54° 40′ |
| $n : b'$ | $= (1\bar{1}0) : (0\bar{1}0) =$ | — | *55 16 |
| $q : b$ | $= (011) : (010) =$ | — | *52 24 |
| $l : b'$ | $= (0\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | — | *60 13 |
| $m : r$ | $= (110) : (10\bar{1}) =$ | 59 51 | 60 1 |
| $m : q$ | $= (110) : (011) =$ | — | *66 38 |
| $m : l$ | $= (101) : (01\bar{1}) =$ | 76 9 | 75 57 |
| $n : r$ | $= (1\bar{1}0) : (10\bar{1}) =$ | 54 13 | 53 58 |
| $n : l$ | $= (1\bar{1}0) : (0\bar{1}1) =$ | 70 39 | 70 49 |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ ziemlich vollkommen.

Auf $m\{110\}$ ist eine optische Axe fast senkrecht.

Farbe gelblichrot bis rotbraun.

**Natriumvanadinwolframat = $4V_2O_5 . 16WO_3 . 8Na_2O . 9H_2O . 48H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0,5184 : 1 : 1,0812$ Fock[8]).

$\alpha = 106^\circ 40'$, $\beta = 90^\circ 44'$, $\gamma = 85^\circ 27'$.

Nach Fock (l. c. 600) sind die von Rosenheim[4]) dargestellten Krystalle prismatisch verlängert nach der $c$-Axe und zeigen die Formen: $n\{1\bar{1}0\}$, bisweilen vorherrschend, dann $m\{110\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$ und $l\{0\bar{1}1\}$ (Fig. 907 und 908).

Fig. 907.

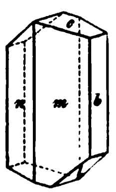
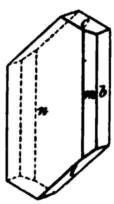


Fig. 908.



| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : b$ | $= (100) : (010) =$ | 94° 32′ | — |
| $a : c$ | $= (100) : (001) =$ | 89 34 | — |
| $b : c$ | $= (010) : (001) =$ | — | *73° 20′ |
| $m : b$ | $= (110) : (010) =$ | — | *65 8 |
| $n : b'$ | $= (1\bar{1}0) : (0\bar{1}0) =$ | — | *58 7 |
| $l : b'$ | $= (0\bar{1}1) : (0\bar{1}0) =$ | — | *50 20 |
| $m : c$ | $= (110) : (001) =$ | — | *82 26 |
| $n : c$ | $= (1\bar{1}0) : (001) =$ | 81 53 | 81 40 |
| $m : l$ | $= (110) : (01\bar{1}) =$ | 74 58 | 74 47 |
| $n : l$ | $= (1\bar{1}0) : (0\bar{1}1) =$ | 69 33 | 69 33 |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

**Baryumvanadinwolframat = $4V_2O_5 . 16WO_3 . 8BaO . 9H_2O . 44H_2O$.**

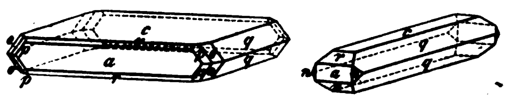
Rhombisch bipyramidal.

$a : b : c = 0,8332 : 1 : 1,4264$ Fock[8]).

8) Fock, Zeitschr. f. Krystall. 1891, 18, 599.

Die von Rosenheim[4]) dargestellten Krystalle sind nach Fock (l. c. 601) entweder rectanguläre Tafeln nach *c*{001} mit *q*{011}, *a*{100} und den untergeordneten Formen *p*{111}, *o*{122}, selten noch mit ganz kleinem *r*{101} (Fig. 909) und *n*{120}; auch nach der *a*-Axe prismatisch verlängerte Krystalle wurden beobachtet (Fig. 910).

Fig. 909. Fig. 910.




| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $q:q = (011):(01\bar{1}) =$ | — | *70° 4′ |
| $p:c = (111):(001) =$ | 65°50′ | 65 38 |
| $p:a = (111):(100) =$ | — | *45 30 |
| $o:c = (122):(001) =$ | 58 59 | 59 8 |
| $o:q = (122):(011) =$ | 26 30 | 26 20 |
| $r:a = (101):(100) =$ | 30 18 | — |
| $n:a = (120):(100) =$ | 59 2 | — |

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen *b*{010}, 1. Mittellinie die *a*-Axe; durch *a*{100} beide Axen am Rande des Gesichtsfeldes sichtbar.

### Hydrogenpentakaliumphosphormolybdat-9½-Hydrat = $Mo_5P_2O_{23}K_5H.9\frac{1}{2}H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}9833:1:0{,}8209$ Rammelsberg[9]).

Die aus einer Lösung von molybdänsaurem Kalium in Kalilauge nach Zusatz von etwas $P_2O_5$ erhaltenen Krystalle sind nach Rammelsberg Prismen *a*{100}, *b*{010}, am Ende mit *c*{001} und *o*{111}.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *49°30′ |
| $o:a = (111):(100) =$ | — | *57 10 |
| $o:b = (111):(010) =$ | 57°47′ | 57 45 |

### Kaliumphosphormolybdat-Heptahydrat = $Mo_5P_2O_{23}K_6.7H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0{,}7199:1:0{,}7151$ Rammelsberg[9]).

Dargestellt von Rammelsberg durch Zusammenschmelzen von 1 Mol. $CO_3K_2$ mit 2 Mol. $MoO_3$ und Auflösen der erstarrten Schmelze in $P_2O_5$-haltiger Lösung. Die beobachteten Formen sind: *b*{010}, *o*{111}, *m*{110}, *r*{101}, *q*{011}, oft in annähernd gleich großer Ausbildung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:b = (110):(010) =$ | — | *54°15′ |
| $q:b = (011):(010) =$ | 53°26′ | 53 20 |
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | 89 36 | 89 0 |
| $o:m = (111):(110) =$ | — | *39 15 |
| $o:r = (111):(101) =$ | 26 54 | 26 40 |
| $o:q = (111):(011) =$ | 38 56 | 39 0 |

9) Rammelsberg, Monatsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1877, 573. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 5, 403.

### Natriumphosphormolybdat-Tessarakaidekahydrat = $Mo_6P_2O_{23}Na_6 . 14H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$a:b:c = 0,7966:1:1,0726$ Dufet[10]).

Dufet[10]) hat an einem käuflichen Präparate die Formen $m\{110\}$, $n\{120\}$, $s\{102\}$, $q\{011\}$ und selten und untergeordnet $a\{100\}$ beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *77° 5′ |
| $n:n' = (120):(\bar{1}20) =$ | 64° 14′ | 64 22 |
| $s:s = (102):(\bar{1}02) =$ | 67 54 | 67 56 |
| $s:m = (102):(110) =$ | — | *64 6 |
| $s:q = (102):(011) =$ | 55 33 | 55 38 |
| $q:n = (011):(120) =$ | 51 43 | 51 43 |

Spaltbarkeit nach $s\{102\}$ vollkommen.

Doppelbrechung negativ; Axenebene $a\{100\}$, 1. Mittellinie die $b$-Axe. Brechungsindices bei 20°:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ ber. | $2E$ beob. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li*: | 1,5906 | 1,6328 | 1,6430 | 51° 16′ | 90° 2′ |
| *Na*: | 1,5962 | 1,6411 | 1,6520 | 51 18½ | 90 35 |
| *Tl*: | 1,6017 | 1,6494 | 1,6610 | 51 16 | 90 58 |

Bei Temperaturerhöhung um 1° wird $2E$ um ca. 10′ kleiner.

### Hydrogenpentanatriumphosphorwolframat-Oktokaideka(?)-Hydrat = $W_6P_2O_{24}Na_5H . 18(?)H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,8321:1:0,7030$ Groth[11]).

$\alpha = 104°48'$, $\beta = 109°49'$, $\gamma = 97°42'$.

Nach Groth sind die Krystalle, welche Scheibler[11]) in der Kälte aus einer Lösung von $W_{12}O_{41}Na_{10} . 28H_2O$ und der halben Gewichtsmenge Phosphorsäure (vom spec. Gew. 1,13) erhielt, Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, am Ende mit $c\{001\}$ und $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *83° 21′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *73 55 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *74 45 |
| $\mu:a = (1\bar{1}0):(100) =$ | — | *42 54 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 66° 1′ | 65 48 |
| $\omega':b = (\bar{1}11):(010) =$ | 73 22 | 73 35 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | — | *56 55 |
| $\omega:\mu = (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$ | 57 4 | 57 21 |

### Tetrahydrogendiammoniumarsenmolybdat-Dihydrat = $Mo_6As_2O_{26}(NH_4)_2H_4 . 2H_2O$.

Ditetragonal bipyramidal.

$a:c = 1:1,0379$ Scheibe[12]).

10) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1901, **24**, 119. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **37**, 199.

11) Scheibler (Krystallbest. v. Groth), Zeitschr. f. Rübenzuckerindustrie 1872, 180. Ber. d. d. chem. Ges. 1872, **5**, 801.

12) Scheibe, Zeitschr. f. Naturwiss. Halle 1889, **62**, 485. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 808.

Die dicktafeligen Krystalle, welche Pufahl[13]) beim Erwärmen einer Lösung von Ammoniummolybdat in verdünnter Salpetersäure bei Gegenwart der erforderlichen Menge Arsensäure auf 50°—60° erhielt, zeigen nach Scheibe die Formen $c\{001\}$, $o\{111\}$ und ganz selten $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *55° 44′ |
| $o:a = (111):(100) =$ | 54° 15′ | 54 15 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$.
Farblos. Doppelbrechung positiv, stark.

### Tetrahydrogendikaliumarsenmolybdat-Trihydrat = $Mo_6As_2O_{26}K_2H_4 . 3H_2O$.

Ditetragonal bipyramidal.
An kleinen, nicht meßbaren, von Pufahl[13]) dargestellten Krystallen beobachtete Scheibe[12]) (l. c. 484) mikroskopisch die Combinationen $c\{001\}$ und $m\{110\}$ oder $c\{001\}$ und $o\{111\}$.
Farblos.

### Tetrahydrogendinatriumarsenmolybdat-Dekahydrat = $Mo_6As_2O_{26}Na_2H_4 . 10H_2O$.

Ditetragonal bipyramidal.
An farblosen, kleinen Krystallen, welche Pufahl[13]) beim Erkalten einer Lösung von Soda in Arsenmolybdänsäure erhalten hatte, beobachtete Scheibe[12]) (l. c. 484) in würfelähnlicher Combination die Formen $c\{001\}$ und $a\{100\}$ mit untergeordnetem $m\{110\}$.
Doppelbrechung positiv.

### Tetrahydrogendilithiumarsenmolybdat-Dodekahydrat = $Mo_6As_2O_{26}Li_2H_4 . 12H_2O$.

Ditetragonal bipyramidal.
Die ziemlich großen farblosen Krystalle zeigen nach Scheibe[12]) (l. c. 485) nur $c\{001\}$ und $m\{110\}$.
Optisch einaxig, doch häufig optische Anomalien zeigend.

### Tetrahydrogencalciumarsenmolybdat-Oktohydrat = $Mo_6As_2O_{26}CaH_4 . 8H_2O$.

Rhombisch bipyramidal.

$$a:b:c = 0,967:1:0,747$$ Scheibe[12]).

Die von Pufahl[13]) dargestellten Krystalle zeigen nach Scheibe[12]) (l. c. 485) die rhombendodekaëderähnliche Combination $a\{100\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | *61° 10′ |
| $o:o' = (111):(\bar{1}11) =$ | *63 30 |

Ebene der optischen Axen $b\{010\}$.

13) Pufahl, Ber. d. d. chem. Ges. 1884, 17, 217. Ausführlich: Dissert. Leipzig 1888.

### Tetrahydrogenmagnesiumarsenmolybdat-Hendekahydrat = $Mo_6As_2O_{26}MgH_4 \cdot 11H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1286:1:1,0303$; $\beta = 120^\circ 16'$ Scheibe[12]).

Nach Scheibe[12]) (l. c. 487) zeigen die von Pufahl[13]) dargestellten Krystalle herrschend $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$, außerdem untergeordnet und schlechter ausgebildet $\omega\{11\bar{1}\}$ und $n\{210\}$; $\sigma\{11.0.\bar{4}\}$ wurde nur ganz schmal einmal beobachtet.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:c$ = | $(100):(001)$ = | — | *59° 44′ |
| $\varrho:a$ = | $(10\bar{1}):(100)$ = | — | *64 40 |
| $m:b$ = | $(110):(010)$ = | — | *45 44 |
| $\omega:a$ = | $(11\bar{1}):(100)$ = | 71° 45′ | 71 44 |
| $\omega:b$ = | $(11\bar{1}):(010)$ = | 47 2 | 47 6 |
| $\varrho:m$ = | $(10\bar{1}):(110)$ = | 72 9 | 72 8 |
| $\sigma:a$ = | $(11.0.\bar{4}):(100)$ = | 23 17 | 23 3 |
| $n:a$ = | $(210):(100)$ = | 25 59 | 25 49 |
| $n:\varrho$ = | $(210):(10\bar{1})$ = | 67 23 | 67 18 |

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, unter ca. 6° geneigt gegen die $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie ist die $b$-Axe.

### Tetrahydrogenmanganoarsenmolybdat-Hendekahydrat = $Mo_6As_2O_{26}MnH_4 \cdot 11H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1,1224:1:1,0320$; $\beta = 119^\circ 54'$ Scheibe[12]).

Die Krystalle zeigen nach Scheibe (l. c. 488) herrschend $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, untergeordnet $m\{110\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:c$ = | $(100):(001)$ = | — | *60° 6′ |
| $\varrho':c$ = | $(\bar{1}01):(001)$ = | — | *55 48 |
| $m:b$ = | $(110):(010)$ = | — | *45 47 |
| $\omega:b$ = | $(11\bar{1}):(010)$ = | 47° 8′ | 47 27 |
| $\varrho:m$ = | $(10\bar{1}):(110)$ = | 71 45 | 71 45 |

Doppelbrechung negativ; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, unter 10° geneigt gegen die $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie ist die $b$-Axe.

### Tetrahydrogennickelarsenmolybdat-Hendekahydrat = $Mo_6As_2O_{26}NiH_4 \cdot 11H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:c = 1:0,9076$; $\beta = 120^\circ 9'$ Scheibe[12]).

Scheibe (l. c. 491) beobachtete an den von Pufahl dargestellten Krystallen die Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ in ungefähr gleich großer Ausbildung.

| | | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c$ = | $(100):(001)$ = | *59° 51′ |
| $\varrho':c$ = | $(\bar{1}01):(001)$ = | *55 16 |

Farbe grasgrün. Die Auslöschungsrichtung auf $b\{010\}$ bildet 1° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$.

### Tetrahydrogenkobaltoarsenmolybdat-Hendekahydrat = $Mo_6As_2O_{26}CoH_4 . 11H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1,1289 : 1 : 1,0304; \quad \beta = 119^\circ 41'$ Scheibe[12]).

Krystalle, welche Pufahl[13]) aus der rein wässerigen Lösung erhalten hatte, zeigten nach Scheibe[12]) (l. c. 489) die einfache Combination $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$; an einigen kleinen Krystallen, welche zufällig aus molybdänsäurereicherer Lösung neben Krystallen von $(Mo_9AsO_{31})_2Co_3 . 37H_2O$ entstanden waren, wurden auch noch untergeordnet $m\{110\}$, $n\{210\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ beobachtet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\varrho : a = (10\bar{1}) : (100) =$ | — | *64° 20′ |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | — | *55 21 |
| $m : a = (110) : (100) =$ | 44° 27′ | 44 45 |
| $n : a = (210) : (100) =$ | 26 7 | 25 43 |
| $\omega : a = (11\bar{1}) : (100) =$ | 71 30 | 71 29 |
| $\omega : \varrho = (11\bar{1}) : (10\bar{1}) =$ | — | *42 53 |

Farbe rosenrot. Doppelbrechung negativ; die Axenebene ist senkrecht zu $b\{010\}$, unter $5\frac{1}{2}^\circ$ gegen die $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt; 1. Mittellinie ist die $b$-Axe.

### Tetrahydrogenzinkarsenmolybdat-Hendekahydrat = $Mo_6As_2O_{26}ZnH_4 . 11H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : c = 1 : 0,9117; \quad \beta = 119^\circ 29'$ Scheibe[12]).

Nach Scheibe[12]) (l. c. 488) zeigen die von Pufahl[13]) dargestellten Krystalle in ungefähr gleich großer Ausbildung die Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | *60° 31′ |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | *55 13 |

Ebene der optischen Axen senkrecht zu $b\{010\}$ und unter $8\frac{1}{2}^\circ$ geneigt gegen die $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$.

### Tetrahydrogencadmiumarsenmolybdat-Hendekahydrat = $Mo_6As_2O_{26}CdH_4 . 11H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a : c = 1 : 0,9189; \quad \beta = 119^\circ 44'$.

Scheibe[12]) (l. c. 489) beobachtete an großen Krystallen die Formen $a\{100\}$ (oft stark vorherrschend), $b\{010\}$, $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $a : c = (100) : (001) =$ | *60° 16′ |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | *55 42 |

Doppelbrechung negativ; die Axenebene ist senkrecht zu $b\{010\}$ und unter 16° geneigt gegen die $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie ist die $b$-Axe.

**Tetrahydrogencupriarsenmolybdat-Pentakaidekahydrat = $Mo_6As_2O_{26}CuH_4 . 15H_2O$.**

Rhombisch bipyramidal.

$a : b = 0,788 : 1$ Scheibe[12]).

Von Pufahl[13]) durch langsames Erkalten der heiß gesättigten wässerigen Lösung dargestellte Krystalle zeigen nach Scheibe (l. c. 486) vorherrschend $c\{001\}$, daneben $m\{110\}$ und nicht meßbar $r\{101\}$. Die rasch verwitternden Krystalle waren nur der mikroskopischen Beobachtung zugänglich.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $m : m = (110) : (\bar{1}10) =$ | $76^\circ 30'$ ca. |

Doppelbrechung positiv; Axenebene ist $a\{100\}$, 1. Mittellinie die $c$-Axe. $2E = 50^\circ$ ca.; $\varrho > v$.

**Natriumphosphortrimetawolframat-Oktokaidekahydrat = $W_{12}P_2O_{42}Na_4 . 18H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

Nach Dufet[14]) zeigen von Péchard[15]) dargestellte Krystalle, welche nur angenähert meßbar sind, die Formen $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $c\{001\}$, selten $\varrho\{10\bar{1}\}$; oft Zwillinge nach dem Periklingesetze.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $m : \mu = (110) : (1\bar{1}0) =$ | $89^\circ 44'$ |
| $\mu : c = (1\bar{1}0) : (001) =$ | 84 0 |
| $m : c = (110) : (001) =$ | 85 23 |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01) : (001) =$ | 64 58 |
| $\varrho : m = (10\bar{1}) : (110) =$ | 55 20 ca. |
| $\varrho : \mu = (10\bar{1}) : (1\bar{1}0) =$ | 51 30 » |

Spaltbarkeit nach $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$ und $c\{001\}$ undeutlich.

Die Auslöschungsrichtung ist auf $c\{001\}$ nahezu parallel den Umgrenzungskanten und bildet auf $\mu\{1\bar{1}0\}$ $19^\circ$ und auf $m\{110\}$ $12^\circ$ mit der $c$-Axe.

**Baryumphosphortrimetawolframat-Pentakaidekahydrat = $W_{12}P_2O_{42}Ba_2 . 15H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56^\circ 1'$ ($a : c = 1 : 2,6839$ Dufet[14])).

Von Péchard dargestellte Krystalle sind nach Dufet (l. c. 204) eine oktaëderähnliche Combination von $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r : c = (100) : (111) =$ | — | *$72^\circ 7'$ |
| $r : r = (100) : (010) =$ | $111^\circ 1'$ | 111 0 |

**Calciumphosphortrimetawolframat-Enneakaidekahydrat = $W_{12}P_2O_{42}Ca_2 . 19H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56^\circ 8'$ ($a : c = 1 : 2,6759$ Dufet[14])).

Von Péchard dargestellte Krystalle zeigen nach Dufet[14]) (l. c. 205) die Formen $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

14) Dufet, Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 203. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 275.
15) Péchard, Compt. rend. 1890, **110**, 754. Ann. chim. phys. 1891, (6) **22**, 242.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (100):(111) =$ | $72°4'$ | $71°59'$ |
| $r:r = (100):(010) =$ | — | $*110\ 58$ |

**Magnesiumphosphortrimetawolframat-Dekahydrat =**
**$W_{12}P_2O_{42}Mg_2 . 10H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56°33'$ ($a:c = 1:2,6523$ Dufet[14])).
Nach Dufet (l. c. 205) zeigen die Krystalle die Formen $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (100):(111) =$ | $71°55'$ | $71°54'$ |
| $r:c = (100):(010) =$ | — | $*110\ 49$ |

Doppelbrechung sehr schwach.

**Cupriphosphortrimetawolframat-Hendekahydrat =**
**$W_{12}P_2O_{42}Cu_2 . 11H_2O$.**

Trigonal. $\alpha = 56°30'$ ($a:c = 1:2,6534$ Dufet[14])).
Dufet (l. c. 204) beobachtete die Formen $c\{111\}$ und $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $r:c = (100):(111) =$ | — | $*71°55\frac{1}{2}'$ |
| $r:r = (100):(010) =$ | $110°50'$ | $110\ 50$ |

Farbe blaugrün. Doppelbrechung sehr schwach.

**Dihydrogenkaliumarsenmolybdat-Dodekahydrat =**
**$Mo_9AsO_{31}KH_2 . 12H_2O$.**

Ditrigonal skalenoëdrisch.

$\alpha = 90°34'$ ($a:c = 1:1,2066$ Scheibe[12])).

Die von Pufahl[13]) dargestellten Krystalle zeigen nach Scheibe (l. c. 497) herrschend $o\{11\bar{1}\}$ und als schmale Abstumpfung von dessen Polkanten $r\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o = (1\bar{1}1):(11\bar{1}) =$ | — | $*109°12'$ |
| $r:r = (100):(010) =$ | $89°26'$ | $89\ 22$ |

Von schwefelgelber Farbe.

**Hydrogendiammoniumarsenmolybdat-Oktohydrat =**
**$Mo_9AsO_{31}(NH_4)_2H . 8H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 0,6044:1:0,9696$ Scheibe[12]).
$\alpha = 100°1'$, $\beta = 118°19'$, $\gamma = 98°39'$.

Die von Pufahl aus einer Lösung äquivalenter Mengen $CO_3(NH_4)_2$ und roter Arsenmolybdänsaure erhaltenen Krystalle sind nach Scheibe (l. c. 499) gewöhnlich kurze Prismen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, am Ende mit den Formen $c\{001\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$ und $k\{021\}$, von denen immer eine auf Kosten der beiden übrigen stark vorherrscht; wenn $c\{001\}$ vorherrscht, können die Krystalle auch prismatisch nach der $a$-Axe verlängert sein. Axenverhältnisse und Winkeltabelle sind einer späteren Privatmitteilung von Scheibe entnommen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $b:c = (010):(001)$ = | — | *73°38′ |
| $k:c = (021):(001)$ = | — | *48 6 |
| $a:b = (100):(010)$ = | 74°25′ | — |
| $a:c = (100):(001)$ = | 59 4 | — |
| $m:b = (110):(010)$ = | — | *49 59 |
| $\mu:b = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0)$ = | — | *74 23 |
| $m:c = (110):(001)$ = | 58 1 | 58 32 |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001)$ = | — | *68 45 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001)$ = | 74 2 | 72 56 |
| $\omega':b = (\bar{1}11):(010)$ = | 62 39 | 62 20 |
| $k:m = (021):(110)$ = | 42 33 | 42 56 |
| $k:\omega' = (021):(\bar{1}11)$ = | 61 24 | 59 58 |
| $m:\omega = (110):(1\bar{1}\bar{1})$ = | 76 3 | 77 6 |

Von schwefelgelber Farbe. Auf $m\{1\bar{1}0\}$ ist die Auslöschungsrichtung unter 26° geneigt gegen Kante $[110:1\bar{1}0]$.

## Thalloarsenmolybdat = $Mo_9AsO_{31}Tl_3$.

Kubisch.

Nach Scheibe (l. c. 501, bez. 317) sind die von Pufahl aus dem Schmelzflusse erhaltenen Krystalle Rhombendodekaëder $m\{110\}$.

Farbe grünlichschwarz.

## Kaliumphosphormolybdat-Heptahydrat = $Mo_9PO_{31}K_3 . 7H_2O$.

Asymmetrisch.

$a:b:c = 0{,}5938:1:0{,}6749$ Duparc und Pearce[16]).
$\alpha = 60°50'$, $\beta = 114°22'$, $\gamma = 115°26'$.

Die von Kehrmann dargestellten Krystalle sind nach Duparc und Pearce dicke Prismen, entweder gebildet von $c\{001\}$, $b\{010\}$, $q'\{0\bar{1}\bar{1}\}$, $q\{011\}$ und $b'\{0\bar{1}0\}$, die beiden letzteren mehr untergeordnet, am einen Ende mit herrschendem $a\{100\}$ und sehr kleinem $\varrho\{10\bar{1}\}$, am anderen mit $a'\{\bar{1}00\}$ oder gebildet von den herrschenden Formen $c\{001\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ und den schmäleren $a\{100\}$ und $\varrho'\{\bar{1}01\}$; die Endigungen liefern dann $q\{011\}$, $q'\{0\bar{1}\bar{1}\}$ und $b'\{0\bar{1}0\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010)$ = | — | *73°18′ |
| $a:c = (100):(001)$ = | — | *75 5 |
| $b:c = (010):(001)$ = | — | *112 8 |
| $q:b = (011):(010)$ = | — | *71 50 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100)$ = | — | *48 57 |
| $q:a = (011):(100)$ = | 61°55′ | 61 43 |
| $\varrho:b = (10\bar{1}):(010)$ = | 57 16 | 57 41 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011)$ = | 78 52½ | 78 58 |

Farbe gelb.

16) Duparc u. Pearce, Bull. soc. fr. min. 1895, 18, 89. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. 27, 612.

### Kaliumphosphorwolframat-Heptahydrat = $W_9PO_{31}K_3 . 7H_2O$.

Triklin (asymmetrisch?).

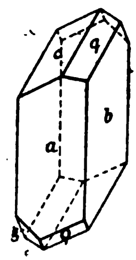
$a:b:c = 0{,}5592:1:0{,}6401$ Stuhlmann[17]).

$\alpha = 61^\circ 26'$, $\beta = 115^\circ 42'$, $\gamma = 105^\circ 9'$.

Dargestellt von Kehrmann[18]), welcher das Salz zuerst unter der Form $W_8PO_{28}K_3 . 8H_2O$ beschrieb und ihm erst später[19]) die obige Formel zuteilte. Die Krystalle sind nach Stuhlmann dicke Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, am Ende mit den vorherrschenden Formen $c\{001\}$ und $q\{011\}$, untergeordnet mit $\varrho\{10\bar{1}\}$ und $\xi\{1\bar{2}\bar{1}\}$, bezogen auf die Aufstellung, welche Duparc und Pearce für das vorhergehende Salz annahmen (Fig. 911).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *74° 2′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *73 9 |
| $b:c = (101):(001) =$ | — | *111 7 |
| $q:c = (011):(001) =$ | — | *38 45 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *57 28 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 61°16′ | 60 59 |
| $\varrho:b = (10\bar{1}):(010) =$ | 58 7 | 58 6 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 78 45 | 78 43 |
| $\xi':c = (\bar{1}21):(001) =$ | 80 37 | 80 0 |
| $\xi:a = (1\bar{2}\bar{1}):(100) =$ | 68 27 | 68 48 |
| $\xi:\varrho = (1\bar{2}\bar{1}):(10\bar{1}) =$ | 63 6 | 63 37 |
| $\xi':q = (\bar{1}21):(011) =$ | 59 2 | 59 10 |

Fig. 911.




Von hellgelber Farbe. Eine Schwingungsrichtung auf $b\{010\}$ ist unter 50° gegen die $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$, jene auf $a\{100\}$ unter 20° gegen die $c$-Axe im stumpfen Winkel $\alpha$ geneigt.

### Ammoniumphosphorwolframat-Heptahydrat = $W_9PO_{31}(NH_4)_3 . 7H_2O$.

Triklin (asymmetrisch).

Das Salz, zuerst unter der Formel $W_8PO_{28}(NH_4)_3 . 20H_2O$ (?) beschrieben, wurde nur angenähert von Kehrmann[19]) gemessen. Die Krystalle zeigen, wie mangels einer Angabe über die beobachteten Formen aus der Winkeltabelle zu schließen ist, die Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$ und $\xi\{1\bar{2}\bar{1}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *72° 50′ |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *50 0 |
| $\varrho:b = (10\bar{1}):(010) =$ | — | *59 0 ca. |
| $q:b = (011):(010) =$ | 72° 22′ | — |
| $\varrho:\xi = (10\bar{1}):(1\bar{2}\bar{1}) =$ | — | *62 20 ca. |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | — | *78 0 |
| $q:\xi' = (011):(\bar{1}21) =$ | — | *58 40 ca. |

### Kaliumarsenwolframat-Heptahydrat = $W_9AsO_{31}K_3 . 7H_2O$.

Triklin (asymmetrisch?).

$a:b:c = 0{,}5763:1:0{,}6613$ Stuhlmann[20]).

$\alpha = 60^\circ 57'$, $\beta = 116^\circ 38'$, $\gamma = 114^\circ 50'$.

17) Stuhlmann, Ann. d. Chem. 1888, **245**, 48. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **21**, 174.
18) Kehrmann, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1893, **4**, 138.
19) Kehrmann, Ber. d. d. chem. Ges. 1887, **20**, 1809.
20) Stuhlmann, Ann. d. Chemie 1888, **245**, 54.

Die nur angenähert meßbaren, von Kehrmann dargestellten Krystalle zeigen nach Stuhlmann die Formen $b\{010\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | *75° 0′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | *72 5 |
| $b:c = (010):(001) =$ | *111 32 |
| $q:c = (011):(001) =$ | *38 52 |
| $\varrho':c = (\bar{1}01):(001) =$ | *57 39 |

**Ammoniumarsenwolframat-Heptahydrat** $= W_9AsO_{31}(NH_4)_3 \cdot 7H_2O$.

Triklin (asymmetrisch?).

$a:b:c = 0{,}5895:1:0{,}6522$ Duparc und Pearce[21]).

$\alpha = 61°37'$, $\beta = 115°10'$, $\gamma = 114°3'$.

Die von Kehrmann und Ruttimann dargestellten Krystalle sind nach Duparc und Pearce[21]) Tafeln nach $c\{001\}$, verlängert nach der $a$-Axe, mit den Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $q\{011\}$, letztere auch untergeordnet, oder die Krystalle sind verlängert nach der $b$-Axe und dann tafelig nach $\varrho\{10\bar{1}\}$, wobei die übrigen Formen $c\{001\}$ und $a\{100\}$ nur untergeordnet auftreten.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *75° 3′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *73 15 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *111 26 |
| $q:a = (011):(100) =$ | 62° 6′ | 61 46 |
| $q:b = (011):(010) =$ | — | *73 12 |
| $\varrho:a = (10\bar{1}):(100) =$ | — | *50 55 |
| $\varrho:b = (10\bar{1}):(101) =$ | 58 17 | 58 54 |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011) =$ | 76 34 | 76 10 |

**Natriumarsenmolybdat-Dodekahydrat** $= Mo_9AsO_{31}Na_3 \cdot 12H_2O$.

Monoklin prismatisch.

$a:b:c = 1{,}7144:1:1{,}7282$; $\beta = 100°28'$ Scheibe[12]).

Nach Scheibe (l. c. 495) sind von Pufahl dargestellte Krystalle Prismen $m\{110\}$, am Ende mit herrschendem $c\{001\}$ und mit den mehr untergeordneten Formen $a\{100\}$, $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ und in ganz seltenen Fällen $r\{101\}$ und $\eta\{92\bar{2}\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *79° 32′ |
| $m:m = (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *118 39 |
| $m:c = (110):(001) =$ | 84° 41′ | 84 41 |
| $r:c = (101):(001) =$ | 39 57 | 41 28 |
| $o:c = (111):(001) =$ | 58 59 | 59 1 |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 95 30 | 95 31 |
| $\omega':c = (\bar{1}11):(001) =$ | 67 27 | 67 21 |
| $\omega:a = (11\bar{1}):(100) =$ | 67 10 | 67 1 |
| $\omega':o = (\bar{1}11):(111) =$ | 54 2 | 54 25 |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$ | — | *74° 10′ |
| $\eta:a = (92\bar{2}):(100) =$ | 24 16 | 24 14 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$.

Farbe schwefelgelb. Eine Auslöschungsrichtung auf $m\{110\}$ bildet 30° mit der Kante $[110:1\bar{1}0]$ nach unten.

21) Duparc u. Pearce, Bull. soc. fr. min. 1897, **20**, 7. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **31**, 66.

**Kaliumarsenmolybdat-Tessarakaidekahydrat = $Mo_9AsO_{31}K_3 . 14H_2O$.**

Dihexagonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 0{,}7573$ Scheibe[12]).

Nach Scheibe (l. c. 498) zeigen die Krystalle, welche Pufahl[13]) bei gewöhnlicher Temperatur aus einer Lösung von $CO_3K_2$ in Arsenmolybdänsäure neben $Mo_9AsO_{31}KH_2 . 12H_2O$ erhielt, die Formen $m\{10\bar{1}0\}$ (herrschend), $o\{10\bar{1}1\}$ und öfters noch untergeordnet $c\{0001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : m = (10\bar{1}1) : (10\bar{1}0) =$ | — | *48° 50′ |
| $o : o = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) =$ | 38° 26′ | 38 32 |

**Kaliumphosphorwolframat-Tessarakaidekahydrat = $W_9PO_{31}K_3 . 14H_2O$.**

Dihexagonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 0{,}6802$ Duparc und Pearce[16]).

Krystalle, welche Kehrmann bei tiefer Temperatur aus wässeriger Lösung erhielt, sind nach Duparc und Pearce (l. c. 42) Prismen $m\{10\bar{1}0\}$ mit $c\{0001\}$ und $x\{20\bar{2}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $x : c = (20\bar{2}1) : (0001) =$ | — | *57° 31′ |
| $x : x = (20\bar{2}1) : (02\bar{2}1) =$ | 49° 53′ | 49 54 |

**Natriumarsenmolybdat-Pentakaidekahydrat = $Mo_9AsO_{31}Na_3 . 15H_2O$.**

Dihexagonal bipyramidal.

$a : c = 1 : 0{,}7475$ Scheibe[12]).

Von Pufahl dargestellte, farblose Krystalle sind nach Scheibe (l. c. 497) kurze Prismen $m\{10\bar{1}0\}$ mit $o\{10\bar{1}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : m = (10\bar{1}1) : (10\bar{1}0) =$ | — | *49° 12′ |
| $o : o = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}0) =$ | 38° 8′ | 38 3 |

**Lithiumarsenmolybdat-Heptakaidekahydrat = $Mo_9AsO_{31}Li_3 . 17H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$a : b : c = 1{,}2982 : 1 : 0{,}8381$; $\beta = 101° 28′$ Scheibe[12]).

Nach Scheibe (l. c. 498) zeigen die von Pufahl dargestellten Krystalle die Formen $m\{110\}$ und $q\{011\}$ in ungefähr gleicher Größe und mehr untergeordnet $a\{100\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *103° 40′ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | *78 48 |
| $q : a = (011) : (100) =$ | — | *81 10 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 53° 34′ | 53 31 |

Doppelbrechung positiv; Axenebene senkrecht zu $b\{010\}$, unter 86° geneigt gegen die $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$; 1. Mittellinie ist die $b$-Axe; $2H_a$ (bestimmt im Adamschen Axenwinkelapparate, dessen $n = 1{,}7782$ für $Na$) $= 62° 44′$ ($Na$) und $63° 11′$ ($Li$).

**Calciumarsenmolybdat-Diskaitriakontahydrat = $(Mo_9AsO_{31})_2Ca_3 . 32 H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0{,}5760 : 1 : 1{,}0764$ Scheibe[12]).

$\alpha = 95^\circ 13'$, $\beta = 96^\circ 8'$, $\gamma = 90^\circ 33'$.

Von Pufahl[13]) beim Verdunsten der wässerigen Lösung bei gewöhnlicher Temperatur erhaltene Krystalle sind nach Scheibe (l. c. 501) kurze Prismen $b\{010\}$, $c\{001\}$, am Ende mit herrschendem $\varrho\{10\bar{1}\}$; untergeordnet wurden $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, $q\{011\}$, $\varkappa\{0\bar{1}1\}$ und einmal auch $r\{101\}$ beobachtet.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : b$ | $= (100) : (010) =$ | 88° 53′ | — |
| $a : c$ | $= (100) : (001) =$ | 83 48 | — |
| $b : c$ | $= (010) : (001) =$ | — | *84° 42′ |
| $m : b$ | $= (110) : (010) =$ | — | *59 16 |
| $\mu' : b$ | $= (\bar{1}10) : (010) =$ | 60 56 | 61 0 |
| $r : c$ | $= (101) : (001) =$ | 57 0 | 57 14 ca. |
| $\varrho' : c$ | $= (\bar{1}01) : (001) =$ | — | *66 39 |
| $q : c$ | $= (011) : (001) =$ | 44 7 | 44 7 |
| $\varkappa : c$ | $= (0\bar{1}1) : (001) =$ | 49 47 | 49 58 |
| $m : c$ | $= (110) : (001) =$ | — | *82 2 |
| $\mu : c$ | $= (1\bar{1}0) : (001) =$ | 87 15 | 87 31 |
| $\varrho' : b$ | $= (\bar{1}01) : (010) =$ | — | *88 24 |
| $\varrho : m$ | $= (10\bar{1}) : (110) =$ | 42 53 | 42 36 |
| $\varrho' : q$ | $= (\bar{1}01) : (011) =$ | 73 50 | 73 47 |
| $\varrho' : \varkappa$ | $= (\bar{1}01) : (0\bar{1}1) =$ | 74 46 | 75 19 |
| $m : q$ | $= (110) : (011) =$ | 63 24 | 63 32 |

Von schwefelgelber Farbe. Eine Auslöschungsrichtung auf $c\{001\}$ bildet $3\frac{1}{2}^\circ$ mit der $a$-Axe im spitzen Winkel $\gamma$.

**Strontiumarsenmolybdat-Diskaitriakontahydrat = $(Mo_9AsO_{31})_2Sr_3 . 32 H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

$a : b : c = 0{,}5837 : 1 : 1{,}074$ Scheibe[12]).

$\alpha = 95^\circ 46'$, $\beta = 96^\circ 4'$, $\gamma = 89^\circ 48'$.

Nach Scheibe (l. c. 502) sind die von Pufahl dargestellten Krystalle Prismen $c\{001\}$, $b\{010\}$, deren Kanten schmal durch $q\{011\}$ und $\varkappa\{0\bar{1}1\}$ abgestumpft sind, während an den Enden herrschend $m\{110\}$ und mehr untergeordnet $\mu\{1\bar{1}0\}$, $r\{101\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$ sich finden.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : b$ | $= (100) : (010) =$ | 89° 35′ | — |
| $a : c$ | $= (100) : (001) =$ | 83 55 | — |
| $b : c$ | $= (010) : (001) =$ | — | *84° 13′ |
| $m : b$ | $= (110) : (010) =$ | — | *59 26 |
| $m : \mu$ | $= (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *60 30½ |
| $r : c$ | $= (101) : (001) =$ | 56 47 | 56 44 |
| $\varrho' : c$ | $= (\bar{1}01) : (001) =$ | 66 10 | 65 47 |
| $q : c$ | $= (011) : (001) =$ | — | *43 50 |
| $m : c$ | $= (110) : (001) =$ | — | *81 51 |
| $\mu : c$ | $= (1\bar{1}0) : (001) =$ | 87 39 | 87 39 |
| $\varrho : m$ | $= (10\bar{1}) : (110) =$ | 43 34 | 43 34 |

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $\varrho:\mu = (10\bar{1}):(1\bar{1}0)$ | $= 39^\circ 21'$ | $39^\circ 24'$ |
| $\varrho':q = (\bar{1}01):(011)$ | $= 72\ 57$ | $73\ \ 3$ |
| $\varrho':x = (\bar{1}01):(0\bar{1}1)$ | $= 75\ \ 5$ | $74\ 21$ |
| $m:q = (110):(011)$ | $= 63\ 30$ | $63\ 31$ |
| $\mu':q = (\bar{1}10):(011)$ | $= 71\ 17$ | $71\ 17$ |
| $r:m = (101):(110)$ | $= 37\ 33$ | $37\ 24$ |
| $r:\mu = (101):(1\bar{1}0)$ | $= 41\ 52$ | $41\ 59$ |
| $m:x_{,} = (110):(01\bar{1})$ | $= 73\ 12$ | $72\ 32$ |
| $\mu:x = (1\bar{1}0):(0\bar{1}1)$ | $= 66\ 34$ | $66\ \ 4$ |

### Nickelarsenmolybdat-Heptakaitriakontahydrat $= (Mo_9AsO_{31})_2Ni_3 \cdot 37H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}7763:1:0{,}6571 \quad \text{Scheibe}^{12)}.$$

$$\alpha = 90^\circ 29', \qquad \beta = 116^\circ 40', \qquad \gamma = 84^\circ 53'.$$

Die von Pufahl[13]) dargestellten Krystalle sind nach Scheibe (l. c. 505) kurze Prismen $b\{010\}$, $c\{001\}$, nach Ersterem meist etwas abgeplattet; an der einen Kante finden sich schmal $x\{0\bar{1}1\}$ und $\tau\{0\bar{2}1\}$; an den Enden sind die herrschenden Formen $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$, während $n\{210\}$, $\lambda\{3\bar{5}0\}$ und $o\{111\}$ noch ganz untergeordnet hinzutreten können.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010)$ | $= 95^\circ 29'$ | $95\ \ 6'$ |
| $a:c = (100):(001)$ | $= 63\ 16$ | — |
| $b:c = (010):(001)$ | $=$ — | $^*92\ \ 2$ |
| $m:b = (110):(010)$ | $=$ — | $^*59\ \ 0$ |
| $\mu:b' = (1\bar{1}0):(0\bar{1}0)$ | $= 51\ 35$ | $51\ \ 4$ |
| $a:n = (100):(210)$ | $= 19\ 39$ | $18\ 37$ |
| $\lambda:b' = (3\bar{5}0):(0\bar{1}0)$ | $= 39\ 13$ | $39\ 26$ |
| $x_{,}:b = (01\bar{1}):(010)$ | $= 57\ 59$ | $57\ 47$ |
| $\tau_{,}:b = (02\bar{1}):(010)$ | $= 39\ 37$ | $40\ 58$ |
| $m:c = (110):(001)$ | $=$ — | $^*68\ 31$ |
| $\mu:c = (1\bar{1}0):(001)$ | $=$ — | $^*68\ \ 4$ |
| $o:c = (111):(001)$ | $=$ — | $^*34\ \ 0$ |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Farbe grasgrün. Eine Auslöschungsrichtung auf $b\{010\}$ ist unter $1^\circ$ ca. gegen die $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$ geneigt.

### Kobaltoarsenmolybdat-Heptakaitriakontahydrat = $(Mo_9AsO_{31})_2Co_3 \cdot 37H_2O$.

Triklin pinakoidal.

Nach Scheibe[12]) (l. c. 507) sind die von Pufahl[13]) dargestellten Krystalle Prismen $c\{001\}$, $x\{0\bar{1}1\}$ mit schmalem $b\{010\}$, während an den Enden $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$ sich finden.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $b:c = (010):(001)$ | $= 92^\circ 30'$ ca. |
| $m:b = (110):(010)$ | $= 57\ \ 7$ |
| $x_{,}:b = (01\bar{1}):(010)$ | $= 58\ 53$ |
| $m:\mu = (110):(1\bar{1}0)$ | $= 70\ 12$ |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

**Zinkarsenmolybdat-Heptakaitriakontahydrat = $(Mo_9AsO_{31})_2Zn_3 . 37H_2O$.**

Triklin pinakoidal.

Elemente ganz ähnlich denen des *Ni*-Salzes.

Die von Pufahl dargestellten Krystalle sind nach Scheibe[12]) (l. c. 506) Prismen $c\{001\}$, $b\{010\}$, oft auch mit $\varkappa\{0\bar{1}1\}$, am Ende mit $m\{110\}$ und $\mu\{1\bar{1}0\}$.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $b : c = (010):(001) =$ | $92°\ 8'$ |
| $m : b = (110):(010) =$ | 59 17 |
| $m : \mu = (110):(1\bar{1}0) =$ | 70 6 |
| $\varkappa : b = (01\bar{1}):(010) =$ | 58 27 |
| $m : c = (110):(001) =$ | 68 34 |
| $\mu : c = (1\bar{1}0):(001) =$ | 68 20 |

Spaltbarkeit nach $b\{010\}$ vollkommen.

Eine Auslöschungsrichtung auf $b\{010\}$ bildet 1° mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$.

**Cupriarsenmolybdat-Heptakaitriakontahydrat = $(Mo_9AsO_{31})_2Cu_3 . 37H_2O$.**

Dihexagonal bipyramidal.

$$a : c = 1 : 1,3655 \text{ Scheibe}^{12)}.$$

Die von Pufahl dargestellten Krystalle sind nach Scheibe (l. c. 504) Prismen mit $\{10\bar{1}0\}$ mit $o\{10\bar{1}1\}$ als Endigung.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o : m = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0) =$ | — | *32° 23′ |
| $o : o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | 49° 57′ | 49 58 |

**Ammoniumphosphormolybdat-Dodekahydrat = $Mo_{22}P_2O_{74}(NH_4)_6 . 12H_2O$.**

Monoklin prismatisch.

$$a : b : c = 0,5092 : 1 : 0,8466; \quad \beta = 90° 59' \text{ Nordenskiöld}^{22)}.$$

Nordenskiöld beobachtete an den kleinen, sehr schlecht meßbaren Krystallen die Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\zeta\{21\bar{2}\}$; Zwillinge nach einer Fläche der Zone $[100 : 001]$. Den gemessenen Krystallen kommt nach Rammelsberg[23]) die obige empirische Formel zu.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : c = (100):(001) =$ | — | *89° 1′ |
| $\varrho' : c = (\bar{1}01):(001) =$ | — | *59 42 |
| $\omega : b = (11\bar{1}):(010) =$ | 63° 1′ | 63 26 |
| $\omega' : c = (\bar{1}11):(001) =$ | 62 20 | 62 7 |
| $\zeta : b = (21\bar{2}):(010) =$ | 75 43 | 75°—76° |

**Kaliumphosphorwolframat-Henkaitriakontahydrat = $W_{22}P_2O_{78}K_{14} . 31H_2O$.**

Tetragonal (pseudotetragonal).

$$a : c = 0,6053 \text{ Duparc und Pearce}^{21)}.$$

22) Nordenskiöld, Vet. Acad. Handl. Stockholm 1874. Er gibt nur die zwei mit * bezeichneten Fundamentalwinkel an. Diese und die »berechneten« Werte stimmen mit den angegebenen Elementen überein.

23) Rammelsberg, Ber. d. d. chem. Ges. 1877, **10**, 1776.

Von Kehrmann und Freinkel dargestellte Krystalle sind nach Duparc und Pearce (l. c. 11, bzw. 671) ganz ähnlich der tetragonalen Combination $o\{111\}$ und $c\{001\}$, aber wohl eher als pseudotetragonale Zwillinge aufzufassen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:c = (111):(001) =$ | — | *40° 34′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | 54° 45′ | 55 9 |

Doppelbrechung positiv. Schnitte parallel $c\{001\}$ lassen im polarisierten Lichte einen Aufbau aus vier zweiaxigen, durch die Diagonalen getrennten Sectoren erkennen, von denen je zwei gegenüberliegende gleichzeitig auslöschen; ihre Axenebene ist immer senkrecht zu den Umgrenzungskanten, nämlich den Kanten von $c\{001\}$ zu $o\{111\}$, und die 1. Mittellinie senkrecht zu $c\{001\}$; Axenwinkel sehr klein.

### Baryumarsenwolframat-Oktokaitetrakontahydrat = $W_{22}As_2O_{78}Ba_7 . 48H_2O$.

Tetragonal (pseudotetragonal).

$a:c = 1:1,0499$ Duparc und Pearce[21]).

Von Kehrmann und Rutimann dargestellte Krystalle zeigen nach Duparc und Pearce (l. c. 12, bzw. 67) gewöhnlich nur $o\{111\}$, selten noch $c\{001\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $o:o_, = (111):(11\bar{1}) =$ | 67° 55′ | 67° 54′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1) =$ | — | *71 49 |

### Natriumphosphorwolframat-Triakontahydrat = $W_{24}P_2O_{80}Na_6 . 30H_2O$.

Triklin pinakoidal.

$a:b:c = 1,0875:1:2,0814$ Sobolew[24]).

$\alpha = 85°21'$, $\beta = 95°28'$, $\gamma = 87°41\frac{1}{2}'$.

Die aus der wässerigen Lösung im Thermostaten bei 30° erhaltenen Krystalle sind nach Sobolew Prismen $a\{100\}$, $b\{010\}$, am Ende mit den Formen $c\{001\}$ und $o\{1\bar{1}1\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a:b = (100):(010) =$ | — | *88° 7′ |
| $a:c = (100):(001) =$ | — | *95 18 |
| $b:c = (010):(001) =$ | — | *85 35 |
| $o:c = (1\bar{1}1):(001) =$ | 70° 31′ | 70 36 |
| $o:a = (1\bar{1}1):(100) =$ | — | *49 48 |
| $o:b' = (1\bar{1}1):(0\bar{1}0) =$ | — | *45 12 |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$, $b\{010\}$ und $c\{001\}$ vollkommen.

Die Ätzfiguren auf $a\{100\}$, $b\{001\}$ und $c\{001\}$ sind unsymmetrische Dreiecke, ihre Winkel auf je zwei gegenüberliegenden Flächen sind gleich, aber ihre Orientierung verschieden.

Eine Auslöschungsrichtung auf $a\{100\}$ ist unter $12\frac{1}{2}°$ für *Na*-Licht und $14\frac{1}{2}°$ für *Li*-Licht geneigt gegen die *c*-Axe. Großer Winkel der optischen Axen; asymmetrische Dispersion. Starker Pleochroïsmus.

---

24) Sobolew, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1896, **12**, 23. Ausz. Zeitschr. f. Krystall. **30**, 649.

**Natriumphosphorwolframat-Diskaitetrakontahydrat = $W_{24}P_2O_{80}Na_6.42H_2O$.**

Spec. Gew. 4,73 Sobolew[24]).

Kubisch.

Sprenger[25]) erwähnt zuerst Kalium- und Natriumsalze der Phosphorwolframsäure als kubisch krystallisierend, ohne für dieselben eine Formel anzugeben.

Kehrmann und Freinkel[26]) beschreiben ein Salz dieser Säure unter der Formel $P_2O_5.24WO_3.3Na_2O+xH_2O$; sie erhielten dasselbe, indem sie zu einer Lösung von gewöhnlichem Dinatriumwolframat die berechnete Menge $PO_4H_3$ gaben und die alkalisch gewordene Lösung langsam mit concentrierter $HCl$ versetzten; beim Abkühlen der heißgesättigten wässerigen Lösung schied sich das Salz in Oktaëdern $o\{111\}$ mit $a\{100\}$ ab. Auf dieselbe Weise erhielt Sobolew[24]) ein Salz von der obigen Formel in großen Oktaëdern mit trapezoïdischen Flächen, bei rascherem Wachstum in Würfeln, oft verzwillingt. An der Luft zerfallen die Krystalle in ein niedrigeres Hydrat, indem das Oktaëder sich zunächst mit sechsstrahligen Flecken bedeckt, welche in Spaltungsrisse parallel den Oktaëderkanten auslaufen.

Anomale Doppelbrechung. Die Ätzfiguren zeigen die Formen vertiefter dreiseitiger Pyramiden, parallel den Oktaëderkanten.

**Baryumphosphorwolframat-(?)Hydrat = $W_{24}P_2O_{80}Ba_3.xH_2O$.**

Kubisch.

Sprenger[25]) (l. c. 418) beschrieb zuerst ein kubisch krystallisierendes Hydrat, das 58 Mol. Krystallwasser enthalten soll. Sobolew[24]) (l. c. 22 bez. 649) erhielt aus wässeriger Lösung bei langsamer Krystallisation bis zu 6 mm große Oktaëder $o\{111\}$, bei guter Ausbildung mit Flächen des Rhombendodekaëders $\{110\}$, bei rascher Krystallisation sternartige Skelette, welche bald in das Oktaëder übergingen; das Salz gab bei der Analyse 48 Mol. $H_2O$. Kehrmann und Freinkel[26]) erhielten beim Fällen der concentrierten wässerigen Lösung von Natriumphosphorwolframat mit Baryumchlorid einen Niederschlag von Baryumphosphorwolframat in Oktaëdern, dessen Wassergehalt nicht ermittelt wurde.

---

25) Sprenger, Journ. f. prakt. Chemie 1880, (2) **22**.

26) Kehrmann u. Freinkel, Ber. d. d. chem. Ges. 1891, **24**, 2327.

# Alphabetisches Register.


Adamin 818, 825.
Adelit 818, 824.
Adular 274.
Änigmatit 265.
Äschynit 862.
Äthylaminalaun 555.
Äthylammoniumaluminiumsulfat-Deka (?) hydrat 553, 564.
Äthylammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat 555.
Agricolit 259.
Aigirin 265, 269.
Aikinit 762.
Åkermanit 254.
Akmit 265, 269.
Alaune 553, 564 f.
Alaunstein 559, 576.
Albit 269, 273.
Allaktit 818, 826.
Allanit 277.
Almandin 276.
Alstonit 202.
Aluminit 470.
Aluminiumborate 740.
Aluminiumborosilicat 742, 743.
Aluminiumdioxymetasilicat 258, 260.
Aluminiumfluorosilicat 259, 262.
Aluminiumhydrosilicate 259, 260, 262.
Aluminiummetaperjodat-Hexahydrat 187.
Aluminiummetaphosphat 786.
Aluminiumnitrat-Enneahydrat 130.
Aluminiumorthoarsenat 843.
Aluminiumorthophosphat 843.
Aluminiumoxyorthosilicat 258, 260.
Aluminiumsilicomolybdat-Triskaienenekontahydrat 624.
Aluminiumsilicowolframat-Heptakaioktokontahydrat 624, 650.
Aluminiumsilicowolframat-Hexakontahydrat 624, 648.
Aluminiumsilicowolframat-Triskaienenekontahydrat 624.
Aluminiumsulfat-Heptakaiïkosihydrat 449, 466.
Aluminiumsulfit-Trihydrat 299.
Aluminiumwolframsilicat-Henkaiogdoekontahydrat 626, 661.
Alunit 559, 576.
Alunogon 449.
Amaranthit 469, 470.
Amblygonit 845.
Ammoniaksalpeter 66, 76.
Ammoniumaluminiumdithionat-Hexakaiïkosihydrat 690, 714.
Ammoniumaluminiumsilicowolframat 624.
Ammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat 554, 568.
Ammoniumarsenwolframat-Heptahydrat 864, 878.
Ammoniumbicarbonat 189, 192.
Ammoniumbisulfat 308, 314.
Ammoniumborowolframat-Oktokaidekahydrat 745.
Ammoniumbromat 83.
Ammoniumcadmiumdithionat 688, 701.
Ammoniumcadmiumselenat-Dihydrat 484, 485, 504.
Ammoniumcadmiumselenat-Hexahydrat 489, 551.
Ammoniumcadmiumthiosulfat 666, 678.
Ammoniumcadmiumsulfat-Hexahydrat 489, 539.
Ammoniumcadmiumthiocyanat-Dihydrat 8. 10.
Ammoniumcalciumorthoarsenat-Heptahydrat 830, 842.
Ammoniumcalciumorthophosphat-Heptahydrat 830, 842.
Ammoniumcarbonat, saures 189, 190, 192.
Ammoniumcerinitrat 159, 160.
Ammoniumcerisulfat-Tetrahydrat 578, 580.
Ammoniumceronitrat-Tetrahydrat 152, 154.
Ammoniumcerosulfat-Tetrahydrat 553, 561.
Ammoniumchlorat 83.
Ammoniumchlorochromat 373, 374.
Ammoniumchromat 325, 349.
Ammoniumchromisulfat-Dodekahydrat 556, 571.

Ammoniumcupriselenat-Hexahydrat 489, 547.
Ammoniumcuprisulfat-Hexahydrat 488, 531.
Ammoniumcuprocuprisulfit-Pentahydrat 301.
Ammoniumdichromat 584, 590.
Ammoniumdichromat-Mercurichlorid 585, 594.
Ammoniumdicupridithionat-Oktohydrat 689, 704.
Ammoniumdidymnitrat-Tetrahydrat 152, 155.
Ammoniumdidymselenat-Pentahydrat 553, 562.
Ammoniumdidymsulfat-Tetrahydrat 553, 561.
Ammoniumdifluorojodat 84, 95.
Ammoniumdimolybdat-Monohydrat 598, 602.
Ammoniumdisulfowolframat 662, 664.
Ammoniumdithionat-Ammoniumchlorid 686, 694.
Ammoniumdithionat-Hemihydrat 687, 695.
Ammoniumdiuranylchromat-Hexahydrat 491, 552.
Ammoniumdivanadat-Tetrahydrat 851, 859.
Ammoniumferrisulfat-Dodekahydrat 557, 572.
Ammoniumferrodithionat 688, 698.
Ammoniumferroselenat-Hexahydrat 489, 544.
Ammoniumferrosulfat-Hexahydrat 488, 520.
Ammoniumfluoroniobat 795.
Ammoniumfluorotantalat 795.
Ammoniumgalliumsulfat-Dodekahydrat 557, 573.
Ammoniumhydroxyfluoroselenat 373.
Ammoniumhydroxymanganosulfat-Dihydrat 483.
Ammoniumhypophosphit 769, 770.
Ammoniumimidosulfonat 718, 720.
Ammoniumindiumsulfat-Dodekahydrat 557, 574.
Ammoniumiridiumpolysulfid 287, 290.
Ammoniumiridiumsulfat-Dodekahydrat 558.
Ammoniumjodat 83, 93.
Ammoniumjodat, saures 143, 148.
Ammoniumjodatotellurat-Dihydrat 292, 293.
Ammoniumjodatotellurat-Trihydrat 292, 294.
Ammoniumkobaltodithionat 688, 700.
Ammoniumkobaltosulfat-Hexahydrat 488, 528.
Ammoniumkobaltoselenat-Hexahydrat 489, 546.
Ammoniumkobaltthiocyanat-Tetrahydrat 9.
Ammoniumkupferdithionat 689, 704.
Ammoniumkupferselenat-Hexahydrat 489, 547.
Ammoniumkupfersulfat-Hexahydrat 488, 531.
Ammoniumlanthannitrat-Tetrahydrat 152, 158.
Ammoniumlanthansulfat-Tetrahydrat 553, 560.
Ammoniummagnesiumchromat-Hexahydrat 489, 540.
Ammoniummagnesiummolybdat-Dihydrat 486, 505.
Ammoniummagnesiummolybdat-Hexahydrat 489, 551.
Ammoniummagnesiumorthoarsenat-Hexahydrat 800, 841.
Ammoniummagnesiumorthophosphat-Hexahydrat 830, 840.
Ammoniummagnesiumselenat-Hexahydrat 489, 543.
Ammoniummagnesiumsulfat-Hexahydrat 487, 513.
Ammoniummagnesiumsulfit-Oktokaidekahydrat 301, 302.
Ammoniummagnesiumthiosulfat-Hexahydrat 667, 683.
Ammoniummanganodithionat 688, 698.
Ammoniummanganoselenat-Hexahydrat 489, 543.
Ammoniummanganosulfit 301.
Ammoniummanganosulfat, basisches 483.
Ammoniummanganosulfat-Hexahydrat 488, 516.
Ammoniummercuronitrat-½-Hydrat 144, 149.
Ammoniummetaperjodat 175, 177.
Ammoniummetawolframat-Hexahydrat 599, 606.
Ammoniummetawolframat-Oktohydrat 599, 606.
Ammoniummolybdat 326, 358.
Ammoniummolybdat, gewöhnliches 598, 603.
Ammoniummolybdat-Hydroxylverbindung 599, 605.
Ammoniumneodymnitrat-Tetrahydrat 155.
Ammoniumnickeldithionat 688, 699.
Ammoniumnickelselenat-Hexahydrat 489, 545.
Ammoniumnickelsulfat-Hexahydrat 488, 524.
Ammoniumnitrat 66, 76.
Ammoniumorthosulfovanadat 811, 812.
Ammoniumosmiamat 295.
Ammoniumoxythiowolframat 662, 664.
Ammoniumpalladiumtrichlorosulfit-Monohydrat 301, 303.
Ammoniumparawolframat-Hendekahydrat 601, 615.
Ammoniumparawolframat-Pentahydrat 601, 614.
Ammoniumpentaborat-Tetrahydrat 730, 734.
Ammoniumpentawolframat-Pentahydrat 600, 612.
Ammoniumperchlorat 166, 172.
Ammoniumpermanganat 166, 173.
Ammoniumpermolybdat 723, 728.
Ammoniumpermolybdat-Tetrahydrat 724, 728.
Ammoniumpersulfat 723, 726.

Ammoniumphosphormolybdat-Dodekahydrat 864, 882.
Ammoniumphosphorwolframat-Heptahydrat 864, 877.
Ammoniumplatonitrit-Dihydrat 30, 41.
Ammoniumpraseodymnitrat-Tetrahydrat 153.
Ammoniumpyrosulfit 304, 305.
Ammoniumquecksilbernitrat 144, 149.
Ammoniumrhodanid 1, 3.
Ammoniumrhodiumsulfat-Dodekahydrat 557, 573.
Ammonium, saures überjodsaures 181.
Ammoniumselenat 326, 355.
Ammoniumselenat, saures, 309, 316.
Ammoniumsesquicarbonat 190, 195.
Ammoniumsilbernitrat 148.
Ammoniumsilicodekawolframat-Oktohydrat 619, 627.
Ammoniumsulfat 323, 344.
Ammoniumsulfat-Antimontrifluorid 375, 377, 378.
Ammoniumsulfat, saures 308, 309, 314.
Ammoniumsulfit-Monohydrat 296, 297.
Ammoniumtellurdiarsenat 862, 866.
Ammoniumtellurdiphosphat 862, 866.
Ammoniumtellurtriarsenat 862, 867.
Ammoniumtellurtriphosphat 862, 867.
Ammoniumtetraborat-Tetrahydrat 729, 731.
Ammoniumtetrachromat 586.
Ammoniumthallisulfat-Dodekahydrat 558.
Ammoniumthallisulfat-Tetrahydrat 553, 562.
Ammoniumthiocyanat 1, 3.
Ammoniumthiomolybdat 661, 662.
Ammoniumthiosulfat 664, 668.
Ammoniumthiosulfat-Cuprobromid-Ammoniumbromid 665, 671.
Ammoniumthiosulfat-Cuprochlorid-Ammoniumchlorid 665, 671.
Ammoniumthiosulfat-Cuprojodid-Ammoniumjodid 665, 672.
Ammoniumthiosulfat-Silberbromid-Ammoniumbromid 665, 672.
Ammoniumthiosulfat-Silberchlorid-Ammoniumchlorid 665, 672.
Ammoniumthiowolframat 661, 663.
Ammoniumtrichromat 585, 596.
Ammoniumtrijodat 143, 148.
Ammoniumuranylcarbonat 219, 224.
Ammoniumuranylnitrat 150, 151.
Ammoniumuranylsulfat-Dihydrat 483, 500.
Ammonium-$\frac{5}{3}$-vanadat-Dekahydrat 851, 860.
Ammoniumvanadiosulfat-Dodekahydrat 556, 569.
Ammoniumvanadiumsulfat-Hexahydrat 488.
Ammoniumvanadinwolframat 863.
Ammoniumvanadylthiocyanat-Pentahydrat 16, 17.
Ammoniumzinkdithionat 688, 700.
Ammoniumzinkselenat-Hexahydrat 489, 530.
Ammoniumzinksulfat-Hexahydrat 488, 585.
Amphibol 231, 278, 279.
Amylaminalaun 535.
Amylammoniumaluminiumsulfat-Dodekahydrat 535.
Analcim 266.
Anapaït 829.
Ancylit 218.
Andalusit 259, 260.
Andesin 276.
Andorit 761, 765.
Anglesit 382, 390.
Anhydrit 381, 386.
Annabergit 829.
Anorthit 269, 275, 281.
Anthophyllit 230, 235.
Antigorit 255.
Antimonsilberblende 762, 767.
Apatitgruppe 818.
Aphtalose 336.
Apophyllit 263, 265.
Aragonit 200, 206.
Arcanit 336, 339.
Ardennit 862.
Argentopyrit 736.
Arsensilberblende 762, 767.
Artinit 214.
Arzrunit 443, 444.
Astrakanit 486, 505.
Astrophyllit 263.
Atelestit 844.
Atopit 788.
Augelith 844.
Augit 231, 278, 279.
Aurichalcit 214.
Automolit 753.
Autunit 846, 849.
Axinit 742, 743.
Azurit 216.

Babingtonit 259, 261.
Barracanit 736.
Barylit 278.
Barysilit 255.
Barytfeldspat 275, 282.
Barytocalcit 218, 223.
Barytocölestin 382.

Baryumaluminat-Baryumbromid 751.
Baryumaluminat-Baryumchlorid 751.
Baryumaluminat-Dihydrat 750, 754.
Baryumaluminiumorthosilicat 275, 276.
Baryumarsenwolframat-Oktokaltetrakontrahydrat 864, 883.
Baryumborowolframat-Oktokaidekahydrat 745, 747.
Baryumbromat-Monohydrat 111, 115.
Baryumcarbonat 202, 209.
Baryumchlorat-Monohydrat 111, 114.
Baryumchromat 382, 390.
Baryumdicerofluorocarbonat 219, 224.
Baryumdithionat-Baryumchlorid-Tetrahydrat 689, 708.
Baryumdithionat-Dihydrat 688, 702.
Baryumdithionat-Tetrahydrat 689, 707.
Baryumdiuranylorthophosphat-Orthohydrat 846.
Baryumhypophosphit-Monohydrat 769, 771.
Baryumjodat 104, 108.
Baryumjodat-Monohydrat 111, 115.
Baryummetasilicat 232.
Baryummetasilicat-Hexahydrat 234, 242.
Baryummetawolframat-9½-Hydrat 600, 609.
Baryummolybdat 384, 394.
Baryumnitrat 103, 104.
Baryumnitrat-Monohydrat 110.
Baryumnitrit-Monohydrat 20, 21.
Baryumparisit 224.
Baryumperchlorat-Tetrahydrat 183, 185.
Baryumpermanganat 183, 185.
Baryumphosphortrimetawolframat-Pentakaidekahydrat 864, 874.
Baryumphosphorwolframat-(?)-Hydrat 865, 884.
Baryumplatinthiocyanat 17, 18.
Baryumplatodijodonitrit-Tetrahydrat 45, 48.
Baryumplatonitrit-Trihydrat 45, 47.
Baryumselenat 382, 390.
Baryumsilicomolybdat-Diskaidekahydrat 622, 644.
Baryumsilicomolybdat-Enneakaiïkosihydrat 623.
Baryumsilicomolybdat-Hexakaidekahydrat 622, 637.
Baryumsilicowolframat-Hexakaidekahydrat 622, 638.
Baryumsilicowolframat-Tetrakaiïkosihydrat 622, 644.
Baryumsulfat 382, 388.
Baryumthiosulfat-Monohydrat 665, 673.
Baryumtitanat 233.
Baryum-⅘-vanadat-Enneakaidekahydrat 850, 854.
Baryumvanadinwolframat 863, 868.
Baryumwolframat 384, 395.
Bastnäsit 215.
Baumhauerit 761, 765.
Beckelith 278.
Beegerit 763.
Beresovit 448.
Bertrandit 255, 257.
Beryll 275, 281.
Berylliumaluminat 749, 751.
Berylliumaluminiumhydroxyorthosilicat 277, 283.
Berylliumaluminiummetasilicat 275, 281.
Berylliumcalciummanganoorthosilicat 246, 253.
Berylliumchromat-Monohydrat 397.
Berylliumchromit 749.
Berylliumdisilicat 255, 257.
Berylliummetasilicat 229.
Berylliumorthoborat, basisches 734.
Berylliumorthosilicat 244, 247.
Berylliumselenat-Tetrahydrat 398, 412.
Berylliumsilicowolframat-Enneakaiïkosihydrat 623, 647.
Berylliumsilicowolframat-Henkaitrakontahydrat 623.
Berylliumsilicowolframat-Pentakaidekahydrat 621.
Berylliumsulfat-Tetrahydrat 398, 411.
Beryllonit 816, 822.
Berzeliït 816.
Beudantit 863.
Bieberit 435.
Binnit 761, 765.
Biotit 267.
Bittersalz 428.
Bixbyït 306.
Bleialuminiumorthosilicat 276.
Bleibromat-Monohydrat 111, 116.
Bleibromocarbonat 214.
Bleiborowolframat-Dodekahydrat 746.
Bleicarbonat 202, 210.
Bleicarbonat, basisches 214, 216.
Bleichlorat-Monohydrat 111, 116.
Bleichloroantimonit 759.
Bleichloroarsenat 819, 827.
Bleichlorocarbonat 214, 215.
Bleichlorophosphat 819, 826.
Bleichlorovanadat 819, 827.
Bleichromat 382, 391.
Bleidithionat-Tetrahydrat 689, 706.
Bleihydroxycarbonat 214, 216.

Bleihydroxycarbonatosulfat 443, 444.
Bleihydroxyferroferrisulfat 577, 578.
Bleikupfersulfat, basisches 439, 441.
Bleilasur 439, 441.
Bleimetasilicat 232.
Bleimetasulfantimonit 761, 764.
Bleimetasulfarsenit 761, 764.
Bleimolybdat 384, 395.
Bleinitrat 403, 406.
Bleinitritnitrat, basisches 425.
Bleiorthophosphat 816.
Bleiperchlorat 483, 484.
Bleiperchlorat (basisches)-Dihydrat 484, 486.
Bleiplatonitrit-Trihydrat 45, 47.
Bleiplumbat 287.
Bleiselenat 382.
Bleisilicate 255.
Bleisilicowolframat-Henkaiïkosihydrat 622, 642.
Blei-$\frac{4}{5}$-sulfantimonit 761, 765.
Blei-$\frac{2}{5}$-sulfantimonit 761, 766.
Blei-$\frac{1}{3}$-sulfantimonit 761, 766.
Blei-$\frac{1}{4}$-sulfantimonit 762, 768.
Blei-$\frac{1}{5}$-sulfantimonit 763, 769.
Blei-$\frac{3}{8}$ sulfarsenit 761, 765.
Blei-$\frac{2}{3}$-sulfarsenit 761, 765.
Blei-$\frac{1}{2}$-sulfarsenit 761, 766.
Blei-$\frac{1}{4}$-sulfarsenit 762, 768.
Bleisulfat 382, 390.
Bleisulfat, basisches 439, 440.
Blei-$\frac{1}{6}$-sulfobismutit 763.
Blei-$\frac{1}{2}$-sulfobismutit 761, 766.
Bleithiocyanat 3, 4.
Bleivitriolerz 382, 390.
Bleiweiß 216.
Bleiwolframat 384, 395.
Bleizinkorthosilicat 246.
Blödit 486, 505.
Bobierit 829.
Boothit 436.
Boracit 735, 739.
Borax 730, 732.
Borax, oktaëdrischer 729, 732.
Bornit 756.
Boronatrocalcit 735.
Borosilicate 741.
Borowolframate 744.
Bosjesmanit 576.
Botryogen 577, 578.
Boulangerit 761, 766.
Bournonit 762, 768.
Bowmanit 789.
Brandtit 828.
Braunit 306, 307.
Brewsterit 280.
Britholith 862.
Brochantit 439, 442.
Bromlit 202.
Bromapatite 819.
Bröggerit 474.
Bronzit 235.
Brushit 828, 833.
Buntkupfererz 756.

Cabrerit 829.
Cadmiumborowolframat-Oktokaidekahydrat 745, 747.
Cadmiumbromat-Dihydrat 411, 418.
Cadmiumbromat-Monohydrat 411, 417.
Cadmiumcarbonat 201, 209.
Cadmiumcerosulfat-Hydrat 576, 577.
Cadmiumchlorovanadat 819.
Cadmiumchromit 750.
Cadmiumdithionat-Hexahydrat 690, 711.
Cadmiummercurithiocyanat 11.
Cadmiummetawolframat-Dekahydrat 600, 610.
Cadmiumplatonitrit-Trihydrat 45, 48.
Cadmiumpyroselenit 304.
Cadmium, saures überjodsaures 484, 486.
Cadmiumselenat-Dihydrat 397, 409.
Cadmiumsilicomolybdat-Diskaiïkosihydrat 622, 643.
Cadmiumsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat 623, 647.
Cadmiumsilicowolframat-Triskaiïkosihydrat 622, 643.
Cadmiumsulfate 383.
Cadmiumsulfat-$\frac{8}{3}$-Hydrat 398, 410.
Cadmiumsulfat-Heptahydrat 404.
Cadmiumsulfat-Monohydrat 397, 406.
Cadmiumthiosulfat-Dihydrat 666, 674.
Cäsiumaluminiumhydrometasilicat 271.
Cäsiumaluminiumsulfat-Dodekahydrat 554, 567.
Cäsiumcadmiumsulfat-Hexahydrat 489, 539.
Cäsiumchlorat 83.
Cäsiumchromat 325, 349.
Cäsiumchromisulfat-Dodekahydrat 556, 570.
Cäsiumcuprisulfat-Hexahydrat 488, 531.
Cäsiumcuprobaryumthiocyanat 8, 9.
Cäsiumcuprostrontiumthiocyanat 8, 9.
Cäsiumdichromat 584, 590.
Cäsiumdifluorojodat 81, 95.
Cäsiumferriselenat-Dodekahydrat 558, 574.
Cäsiumferrisulfat-Dodekahydrat 557, 572.
Cäsiumferrosulfat-Hexahydrat 488, 519.
Cäsiumgalliumsulfat-Dodekahydrat 557, 573.
Cäsiumindiumsulfat-Dodekahydrat 557, 574.

Cäsiumiridiumsulfat-Dodekahydrat 558.
Cäsiumkobaltosulfat-Hexahydrat 488, 527.
Cäsiumkupfersulfat-Hexahydrat 488, 531.
Cäsiummagnesiumselenat-Hexahydrat 489, 542.
Cäsiummagnesiumsulfat-Hexahydrat 487, 512.
Cäsiummanganisulfat-Dodekahydrat 557.
Cäsiummanganosulfat-Hexahydrat 488, 515.
Cäsiumnickelsulfat-Hexahydrat 488, 524.
Cäsiumnitrat 62, 64, 66, 69, 75.
Cäsiumperchlorat 165, 172.
Cäsiumpermanganat 165, 172.
Cäsiumpersulfat 723, 726.
Cäsiumplatodijodonitrit-Dihydrat 31, 43.
Cäsiumplatonitrit 29, 35.
Cäsiumrhodiumsulfat-Dodekahydrat 557, 573.
Cäsiumselenat 326, 354.
Cäsiumsilberbaryumthiocyanat 8, 10.
Cäsiumsilberstrontiumthiocyanat 8, 9.
Cäsiumsulfat 323, 342.
Cäsiumsulfat, saures 309.
Cäsiumtitanosulfat-Dodekahydrat 556, 569.
Cäsiumtrichromat 585, 596.
Cäsiumuranylnitrat 150, 151.
Cäsiumvanadiosulfat-Dodekahydrat 556, 569.
Cäsiumzinkselenat-Hexahydrat 489, 549.
Cäsiumzinksulfat-Hexahydrat 488, 534.
Calamin 208, 256, 258.
Calciostrontianit 202.
Calcit 200, 204.
Calciumaluminat 749.
Calciumaluminat-Monohydrat 750, 754.
Calciumaluminiumborosilicat 742.
Calciumaluminiumchlorosilicat 279.
Calciumaluminiumhydroorthosilicat 277, 282.
Calciumaluminiumhydroxyorthosilicat 277, 283.
Calciumaluminiumorthosilicate 275, 276, 281.
Calciumaluminiumsilicate 275, 276, 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286.
Calciumarsenmolybdat-Diskaitriakontahydrat 864, 880.
Calciumbaryumcarbonat 218, 223.
Calciumborosilicat 741, 742.
Calciumborowolframat-Pentakaidekahydrat 745, 747.
Calciumbromat-Monohydrat 111, 112.
Calciumcarbonat 200, 204.
Calciumcerofluorocarbonat 219, 223.
Calciumchloroaluminat 751.
Calciumchloroaluminat-Pentahydrat 751, 755.
Calciumchloroarsenat 819.
Calciumchlorocarbonat 214.
Calciumchloroferrit 751.
Calciumchlorophosphat 819.
Calciumchlorosilicat 234, 247, 253.
Calciumchromat 381.
Calciumchromat, basisches 439, 442.
Calciumchromat-Dihydrat 397, 408.
Calciumchromat-Hemihydrat 397.
Calciumchromat-Monohydrat 397, 406.
Calciumchromoorthosilicat 276.
Calciumcuprihydroxysulfat-Trihydrat 442.
Calciumcupritetrasilicat 255.
Calciumdicerofluorocarbonat 219, 223.
Calciumdithionat-Tetrahydrat 689, 705.
Calciumdiuranylorthoarsenat-Oktohydrat 846, 849.
Calciumdiuranylorthophosphat-Oktohydrat 846, 849.
Calciumferriorthosilicat 276.
Calciumferroborosilicat 741, 743.
Calciumferroferrihydroxyorthosilicat 277, 283.
Calciumfluorophosphat 819, 826.
Calciumhexaborat-Pentahydrat 735, 738.
Calciumhydroxyborosilicat 741, 742.
Calciumhypophosphit 769, 771.
Calciumjodat 104, 108.
Calciumjodat-Hexahydrat 112, 122.
Calciumjodatochromat 443, 444.
Calciummetaborat 785, 737.
Calciummetasilicat 231, 237, 238, 254.
Calciummetatitanat 233, 240.
Calciummetawolframat-Dekahydrat 600, 609.
Calciummetazirkoniat 234.
Calciummolybdat 383, 393.
Calciumnitrat 103.
Calciumnitrat-Tetrahydrat 111, 119.
Calciumnitrit-Monohydrat 20.
Calciumorthoborat-Calciumchlorid 734.
Calciumorthophosphat-Calciumorthosilicat 862, 865.
Calciumorthosilicat 244.
Calciumorthosilicat-Calciumchlorid 247, 253.
Calciumphosphortrimetawolframat-Enneakaidekahydrat 864, 874.
Calciumplatodijodonitrit-Hexahydrat 46, 49.
Calciumpyroantimonat 788.
Calciumpyroniobat 788.
Calciumpyrotantalat 788.
Calciumselenat 381.
Calciumselenat-Dihydrat 397.
Calciumsilicato-Uranat 443, 445.
Calciumsilicomolybdat-Hexakaiïkosihydrat 623, 645.
Calciumsilicostannat 287, 290.
Calciumsilicotitanat 255, 257.
Calciumsilicowolframat-Calciumnitrat-Pentakaidekahydrat 622, 636.

Calciumsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat 623, 645.
Calciumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat 622, 639.
Calciumsilicowolframat-Tetrakaiïkosihydrat 622, 644.
Calciumstanniorthoborat 740, 741.
Calciumsulfat 381, 386.
Calciumsulfat-Dihydrat 397, 407.
Calciumsulfat-Hemihydrat 397.
Calciumthiocyanat-Mercuricyanid-Oktohydrat 11.
Calciumthiosulfat-Hexahydrat 666, 676.
Calciumurancarbonat-Dekahydrat 219, 224.
Calciumuranoorthophosphat 845, 848.
Calciumwolframat 383, 398.
Calciumwolframsilicat-Diskaiïkosihydrat 626, 660.
Calciumzinkdisilicat 255.
Calciumzinkhydrosilicat 256, 258.
Caledonit 443, 445.
Cancrinit 266.
Cappelinit 741.
Caracolit 375.
Carbimidkalium 1, 2.
Carius'sches Salz 445.
Carrollit 756.
Castanit 470.
Celsian 275, 282.
Ceriammoniumnitrat 159, 160.
Cerichromat-Dihydrat 474.
Cerikaliumnitrat 159.
Cerimagnesiumnitrat 161, 162.
Cerinitrat (basisches)-Enneahemihydrat 141.
Cerischwefelsaure Salze 581.
Cerisulfat-Tetrahydrat 474, 476.
Cerit 278.
Cerizinknitrat 161, 162.
Cermolybdat 446.
Ceroammoniumnitrat-Tetrahydrat 152, 154.
Cerodithionat-Pentakaidekahydrat 690, 713.
Cerodithionat-Trihydrat 690, 712.
Cerofluorocarbonat 215.
Cerokaliumnitrat-Hemitrihydrat 152, 153.
Cerokobaltnitrat 155, 157.
Ceromagnesiumnitrat 155, 156.
Ceromanganonitrat 155, 156.
Cerometawolframat-Triakontahydrat 600, 611.
Ceronickelnitrat 155, 157.
Ceronitrat-Hexahydrat 129, 131.
Cerosilicowolframat-Henogdoekontahydrat 625, 657.
Cerostrontiumcarbonat, basisches 218.
Cerosulfat-Enneahydrat 448, 462.
Cerosulfat-Oktohydrat 446, 447, 451, 452.
Cerosulfat-Pentahydrat 446, 450.
Cerosulfat-Tetrahydrat 446.
Cerothiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat 12, 13.
Cerozinknitrat 155, 157.
Cerussit 202, 210.
Ceylanit 752.
Chabasit 280.
Chalkanthit 419.
Chalkomenit 299, 300.
Chalkophanit 307.
Chalkophyllit 829.
Chalkopyrit 756, 757.
Chalmersit 756.
Chalybit 208.
Chessylith 216.
Childrenit 845.
1-6-Chloronitritodiäthylendiaminkobaltnitrat 135, 137.
Chlorapatit 819.
Chlorit 278.
Chlorospinell 752.
Cholinalaun 555.
Chondrodit 256.
Chromalaun 556, 570.
Chromidithionat-Oktokaidekahydrat 690.
Chromiphosphat-Hexahydrat 844.
Chromisilicomolybdat-Triskaienneakontahydrat 624.
Chromisilicowolframat-Heptakaioktokontahydrat 624, 651.
Chromisilicowolframat-Hexakontahydrat 624, 649.
Chromisilicowolframat-Triskaienneakontahydrat 624.
Chromisulfat-Pentakaidekahydrat 449.
Chromit 750.
Chrysoberyll 749, 751.
Chrysolith 250.
Chrysotil 255.
Cleveït 474.
Cölestin 381, 387.
Colemanit 735, 738.
Columbit 786.
Coniinalaun 555, 557.
Coniinaluminiumsulfat-Dodekahydrat 555.
Coniinferrisulfat-Dodekahydrat 557.
Connellit 443, 444.
Copiapit 470.
Coquimbit 448, 462.
Cordierit 278.

Cordylit 219, 224.
Cosalith 761, 766.
Cossyrit 265.
Cupriarsenmolybdat-Heptakaitriakontahydrat 864, 882.
Cupribleihydroxycarbonatosulfat 443, 445.
Cupribleihydroxysulfat 439, 441.
Cupriborowolframat-Enneakaidekahydrat 746.
Cuprichlorat, überbasisches 125, 128.
Cuprichlorosulfathydrat 443, 444.
Cupridithionat-Pentahydrat 689, 709.
Cupridiuranylorthoarsenat-Oktohydrat 846, 850.
Cupridiuranylorthophosphat-Oktohydrat 846, 849.
Cupriferriarsenat 845.
Cuprihydroxyaluminiumchlorosulfat-Trihydrat 577, 578.
Cuprihydroxycarbonat 214, 215, 216.
Cuprihydroxysulfat-Monohydrat 442.
Cuprijodat 104, 110.
Cuprijodat, basisches 125, 126.
Cuprijodat-Monohydrat 111, 117.
Cupromagnesit 404.
Cuprimercurithiocyanat 11.
Cuprinitrat, überbasisches 125, 127.
Cupriorthoarsenat 816.
Cupriphosphortrimetawolframat-Hendekahydrat 864, 875.
Cupripyroselenit 305.
Cupriselenat-Pentahydrat 399, 421.
Cupriselenit-Dihydrat 299, 300.
Cuprisilicomolybdat-Hemitriakontahydrat 623.
Cuprisilicowolframat-Enneakaiïkosihydrat 623.
Cuprisilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat 623, 646.
Cuprisilicowolframat-Hexakaidekahydrat 622, 638.
Cuprisulfat 383, 392.
Cuprisulfat-Heptahydrat 403, 436.
Cuprisulfat-Hexahydrat 401.
Cuprisulfat-Pentahydrat 399, 419.
Cuprisulfat-Trihydrat 398, 411.
Cuprobleiorthosulfantimonit 762, 768.
Cuprobleiorthosulfarsenit 762, 768.
Cuprometasulfantimonit 760, 763.
Cuprometasulfobismutit 760, 763.
Cuproorthosulfantimonit 762, 766.
Cuproorthosulfarsenat 811, 812.
Cuprosulfoferrit 756, 757.
Cyanit 258, 260.
Cyanochroït 488.
Cyanotrichit 577.
Danalith 246.
Danburit 741, 742.
Darapskit 375, 378.
Datolith 741, 742.
Daubréelith 756.
Davyn 266, 376.
Dawsonit 218.
Dekaammoniumtetrachromat 586, 597.
Descloizit 818, 825.
Desmin 280, 286.
Diäthylammoniumaluminiumsulfat-Okto(?)hydrat 553, 563.
Diäthylendiamin-1-6-Chloronitrito-Kobaltinitrat (Krokeoverb.) 185, 187.
Diäthylendiamin-1-6-Diisorhodanato-Chromichlorid 5, 6.
Diäthylendiamin-1-2-Diisorhodanato-Kobaltichlorid-Monohydrat 5, 7.
Diäthylendiamin-1-2-Diisorhodanato-Kobaltirhodanid 5, 6.
Diäthylendiamin-1-6-Dinitritokobaltinitrat (Krokeoverb.) 135, 137.
Diäthylendiamin-1-2-Dinitrito-Kobaltinitrat (Flavoverb.) 135, 137.
Diäthylendiamin-1-6-Dirhodanato-Kobaltichlorid-Monohydrat 5, 7.
Diäthylendiamin-1-2-Diisothiocyano-Kobaltinitrat-Monohydrat (Flavoverb.) 185, 188.
Diäthylendiamin-Kobaltibromodinitrit 24, 25.
Diallag 278.
Dialogit 201, 207.
Diammin-Ammoniumkobalinitrit 52, 54.
Diammin-Kaliumkobalinitrit 52, 53.
Diammin-Natriumplatosulfit-Hemihendekahydrat 301, 304.
Diammin-Silbernitrat 96.
Diammoniumarsenat 794, 799.
Diammoniumperjodat 181.
Diammoniumphosphat 794, 799.
Diaphorit 762, 766.
Diargentoperjodat 181, 182.
Diargentotellurat 291, 292.
Dibaryumarsenat 813.
Dibaryumarsenat-Monohydrat 828, 838.
Dibaryumcadmiumthiosulfat-Oktohydrat 667, 685.
Dibaryumphosphat 815, 821.
Dibleiarsenat 816, 822.
Dibleiphosphat 816, 822.
Dibleisulfat 439, 440.
Dibleisulfat-Cuprihydroxychlorid-Trihydrat 443, 444.
Dicalciumarsenat 815.

Dicalciumarsenat-Dihydrat 828, 834.
Dicalciumarsenat-Monohydrat 828, 832.
Dicalciumdihydroxychromat - Dihydrat 439, 442.
Dicalciumphosphat 815, 820.
Dicalciumphosphat-Dihydrat 828, 833.
Dicerocerisulfat-16½-Hydrat 583.
Dicerooktocerisulfat-45-Hydrat 583.
Dicerotetracerisulfat-16-Hydrat 583.
Dickinsonit 828.
Dicupriarsenat-Monohydrat 828.
Dicuprisulfat 439, 440.
Didymammoniumnitrat-Tetrahydrat 152, 155.
Didymbromat-Enneahydrat 130, 134.
Didymcarbonat-Oktohydrat 211, 213.
Didymdithionat-Dodekahydrat 690, 713.
Didymeisennitrat 155, 158.
Didymmagnesiumnitrat 155, 158.
Didymmetawolframat-Heptakaiikosihydrat 600, 610.
Didymmetawolframat-Triakontahydrat 600.
Didymmolybdat 446.
Didymnitrat-Hexahydrat 129, 132.
Didymselenat-Dekahydrat 448, 464.
Didymselenat-Oktohydrat 447, 458.
Didymselenat-Pentahydrat 446.
Didymsilicowolframat - Henogdoekontahydrat 625, 657.
Didymsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat 625, 655.
Didymsulfat-Enneahydrat 448.
Didymsulfat-Oktohydrat 447, 457.
Didymsulfat-Pentakaidekahydrat 449, 475.
Didymthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat 12, 14.
Didymwolframat 446.
Dietzeït 443, 444.
Dihydrit 818, 825.
Dihydrogenammoniumorthoarsenat 793, 797.
Dihydrogenammoniumorthophosphat 793, 796.
Dihydrogenbaryumhypophosphat-Dihydrat 775, 785.
Dihydrogencalciumhypophosphat - Hexahydrat 775, 785.
Dihydrogendiammoniumhypophosphat 775, 776.
Dihydrogendiammoniumhypophosphat -Monohydrat 775, 777.
Dihydrogendihydroxynickelpyroarsenat 788.
Dihydrogendikaliumhypophosphat - Trihydrat 775, 779.
Dihydrogendikaliumhypophosphat - Dihydrat 775, 778.
Dihydrogendinatriumhypophosphat - Hexahydrat 775, 780.
Dihydrogendinatriumsilicowolframat -Hexakaidekahydrat 620, 628.
Dihydrogendithallohypophosphat 775, 776.
Dihydrogenhexaammoniumsilicodekawolframat-Enneahydrat 619, 626.
Dihydrogenkaliumorthoarsenat 793, 796.
Dihydrogenkaliumarsenmolybdat - Dodekahydrat 864, 875.
Dihydrogenkaliumorthophosphat 793, 795.
Dihydromagnesiumpyroantimonat - Enneahydrat 788.
Dihydrogennatriumorthoarsenat-Dihydrat 801, 805.
Dihydrogennatriumorthoarsenat - Monohydrat 801, 803.
Dihydrogennatriumorthophosphat - Dihydrat 801, 804.
Dihydrogennatriumorthophosphat - Monohydrat 801, 802.
Dihydrogennatriumpyroantimonat - Hexahydrat 787, 791.
Dihydrogennatriumpyrophosphat - Hexahydrat 787, 790.
Dihydrogenpentacadmiumorthophosphat - Tetrahydrat 828, 837.
Dihydrogenpentamanganotetraorthophosphat-Tetrahydrat 828, 837.
Dihydrogenthalloorthophosphat 794, 797.
Dihydrogensilberorthoarsenat 794, 798.
Dihydrotetrakaliummanganosulfat - Dihydrat 482, 492.
Dihydrothenardit 360.
Dihydroxypentacalciumwolframsilicat - Enneakaitessarakontahydrat 626, 660.
Diisorhodanatodiäthylendiaminkobaltirhodanid 5, 6.
1-2-Diisorhodanatodiäthylendiaminkobaltnitrat-Monohydrat 135, 138.
Dikaliumarsenat 794, 798.
Dikaliumperjodat-Trihydrat 181, 182.
Dikaliumsubphosphat-Dihydrat 775, 778.
Dikaliumtellurat-Trihydrat 291, 292.
Dikaliumtristrontium - ¼ - vanadat - Triakontahydrat 851, 858.
Dikaliumuranoorthophosphat 845, 848.
Dimagnesiumarsenat-Heptahydrat 828, 836.
Dimagnesiumphosphat-Heptahydrat 828, 836.
Dimagnesiumphosphat-Monohydrat 827.
Dimagnesiumphosphat-Trihydrat 828, 834.
Dimanganoarsenat-Monohydrat 827.
Dimanganophosphat-Trihydrat 828, 835.

Dimethylammoniumaluminiumsulfat-Hepta(?)-hydrat 553, 563.
Dinatriumarsenat-Dodekahydrat 801, 809.
Dinatriumarsenat-Heptahydrat 801, 807.
Dinatriumborowolframat-Triskaiïkosihydrat 744, 746.
Dinatriumdekamolybdat-Dodekahydrat 598.
Dinatriummonokaliumdisulfat 308, 312.
Dinatriumoktomolybdat-Dekahydrat 598.
Dinatriumphosphat-Dodekahydrat 801, 808.
Dinatriumphosphat-Heptahydrat 801, 806.
Dinatriumpyroantimonat-Hexahydrat 787, 791.
Dinatriumpyrophosphat-Hexahydrat 787, 790.
Dinatriumtetrathallodithionat 686, 693.
Dinatriumuranoorthophosphat 845, 847.
1-2-Dinitrodiäthylendiaminkobaltnitrat 135, 137.
1-6-Dinitrodiäthylendiaminkobaltnitrat 135, 137.
Diopsid 230, 236, 240.
Dioptas 243, 247.
Disilberphosphat 794, 800.
Disthen 258, 260.
Distrontiumarsenat 815, 821.
Distrontiumarsenat-Monohydrat 828, 832.
Distrontiumphosphat 815, 820.
Ditricadmiumphosphat-Tetrahydrat 828, 837.
Ditrimanganophosphat-Tetrahydrat 828, 837.
Dizinkarsenat-Monohydrat 828.
Dodekanatriumtriuranoorthophosphat 845, 848.
Dolerophanit 439, 440.
Dolomit 200, 207.
Dufrenoysit 761, 766.
Dumortierit 742, 743.
Durangit 845.
Dysanalyt 862.

Edingtonit 280, 285.
Eisenalaune 557, 571, 576.
Eisenboracit 736.
Eisendidymnitrat 155, 158.
Eisen-Leucit 266, 270.
Eisenoxyd-Orthoklas 269, 274.
Eisenoxydsilicat 259.
Eisenspat 201, 208.
Eisenvitriol 402, 431.
Eleonorit 844.
Elpidit 226, 229.
Emmonit 203.
Enargit 811, 812.
Endlichit 819.
Enstatit 229, 234, 279.
Eosphorit 845.
Epididymit 263.
Epidot 277, 283.
Epistilbit 280.
Epistolit 862.
Epsomit 428.
Erbiumselenat-Dekahydrat 448, 464.
Erbiumselenat-Oktohydrat 448, 461.
Erbiumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat 625, 656.
Erbiumsulfat-Oktohydrat 448, 460.
Erbiumthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat 12, 14.
Erythrin 829, 839.
Euchlorin 482.
Euchroït 829.
Eudialyt 263.
Eudidymit 263, 264.
Euklas 277, 283.
Eukryptit 266.
Eulytin 259.
Euxenit 862.

Fahlerz 762.
Fairfieldit 828.
Famatinit 811.
Faujasit 266.
Fassaït 278.
Fayalit 245, 249.
Federerz 761.
Feldspäte 269, 273.
Felsöbanyit 470.
Ferberit 384, 396.
Fergusonit 844.
Ferriarsenit 759.
Ferriarsenit-Pentahydrat 759.
Ferridihydroxypentasulfat-Oktokaidekahydrat 470.
Ferrihydrosilicat 259.
Ferrihydroxysulfat-Trihydrat 469, 470.
Ferriorthoarsenat-Dihydrat 844, 847.
Ferriorthophosphat-Dihydrat 844, 846.
Ferripyroselenit 305.
Ferrisilicat 259.
Ferrisilicomolybdat-Triskaienenekontahydrat 624.
Ferrisilicowolframat-Hexakontahydrat 624, 648.
Ferrisilicowolframat-Triskaienenekontahydrat 624.
Ferrisulfat-Dekahydrat 448, 463.
Ferrisulfat-Enneahydrat 448, 462.
Ferrisulfit-Monohydrat 299.
Ferrisulfit-Trihydrat 299.
Ferrititanat 259, 261.
Ferroaluminat 749.

Ferrocalciummetasilicat 232, 240.
Ferrocalciumorthosilicat 245, 252.
Ferrocarbonat 201, 208.
Ferrochloroborat 736.
Ferrochromit 750.
Ferrodidymonitrat-Tessarakaiïkosihydrat 155, 158.
Ferrodithionat-Heptahydrat 690, 741.
Ferroferrisulfat-Hydrat 576, 577.
Ferroferrit 750, 753.
Ferrohypophosphit-Hexahydrat 769.
Ferrometamanganit 806.
Ferrometaniobit 786.
Ferrometasilicat 232, 240.
Ferrometatantalat 786.
Ferrometatitanat 233, 241.
Ferromolybdat 388.
Ferronatrit 553, 559.
Ferroorthoarsenat-Oktohydrat 829, 839.
Ferroorthophosphat-Oktohydrat 829, 838.
Ferroorthosilicat 245, 249.
Ferroorthotitanat 247.
Ferroselenat-Heptahydrat 408, 434.
Ferroselenat-Pentahydrat 399.
Ferrosulfat-Heptahydrat 402, 431.
Ferrosulfat-Hexahydrat 400.
Ferrosulfat-$\frac{4}{3}$-Hydrat 398.
Ferrosulfat-Pentahydrat 399, 417.
Ferrosulfat-Tetrahydrat 398, 414.
Ferrothiosulfat-Pentahydrat 666, 674.
Ferrowolframat 384, 385, 396.
Feuerblende 762, 767.
Fibroferrit 470.
Fillowit 828.
Fischerit 844.
Flavokobaltnitratverbindungen 135, 137.
Flinkit 844.
Florencit 789.
Fluorapatit 819, 826.
Franklinit 750.
Freieslebenit 762, 766.
Friedelit 247, 254.
Frieseït 756.
Forsterit 244, 248.

Gadolinit 278, 284.
Gadoliniummagnesiumnitrat 156, 159.
Gadoliniumnitrat-Hexahydrat 129, 132.
Gadoliniumnitrat-Pentahydrat 129.
Gadoliniumselenat-Dekahydrat 448, 464.
Gadoliniumselenat-Oktohydrat 447, 460.
Gadoliniumsilicowolframat-Enneakontahydrat 626, 658.
Gadoliniumsilicowolframat-Henogdoekontahydrat 625, 658.
Gadoliniumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat 625, 655.
Gadoliniumsulfat-Oktohydrat 447, 460.
Gadolinium-$\frac{2}{3}$-vanadat-Hexakaiïkosihydrat 851, 857.
Gahnit 753.
Galliumsilicowolframat-Heptakaioktokontahydrat 624, 651.
Galliumsilicowolframat-Hexakontahydrat 624, 649.
Galliumsilicowolframat-Triskaienenekontahydrat 624.
Galmei 208.
Ganomalith 257.
Ganophyllit 280, 285.
Gaylussit 218, 222.
Gedrit 278.
Gehlenit 254, 278, 283.
Geikielith 233, 240.
Geokronit 763, 769.
Gerhardtit 127.
Giobertit 204.
Glaserit 321, 335.
Glauberit 481, 491.
Glaubersalz 362, 371.
Glaukochroït 245, 249.
Glaukophan 265.
Glimmer 267, 271.
Gmelinit 280.
Goßlarit 437.
Graftonit 816.
Grammatit 237.
Granat 276.
Groß'sche Base, Nitrat 136, 140.
Grossular 276.
Guanit 830, 840.
Guarinit 278.
Guejarit 760, 763.
Guitermanit 762.
Gyps 397, 407.

Haarsalz 449.
Hämafibrit 829.
Hämatolith 845.
Haidingerit 828, 832.
Halotrichit 576.
Hambergit 734, 737.
Hamlinit 789.
Hancockit 277.
Hanksit 375, 380.
Hannayit 830, 840.

Hardystonit 255.
Harmotom 280.
Harstigit 277.
Hausmannit 307.
Haüyn 376.
Hedenbergit 232, 240.
Hedyphan 819.
Heliophyllit 759.
Hellandit 278.
Helvin 246.
Hemimorphit 256, 258.
Herderit 817.
Hercynit 750.
Herrengrundit 439, 442.
Heteromorphit 761.
Heulandit 280, 285.
Hexakobaltaminnitrit 23, 24.
Hexammin-Iridiumnitrat 136, 140.
Hexammin-Kobaltcarbonat - Hexahydrat 211, 213.
Hexamminkobaltichlorometaphosphat - Hydrat 786, 787.
Hexamminkobaltichloroperchlorat 188.
Hexammin - Kobaltichloroselenat - Trihydrat 471, 473.
Hexammin-Kobaltichlorosulfat-Ammoniumsulfat-Hexahydrat 559.
Hexammin-Kobaltichlorosulfat-Trihydrat 471, 472.
Hexammin-Kobaltinitrat 136, 139.
Hexammin-Kobaltiperchlorat 188.
Hexamminkobaltiselenat - Ammoniumselenat-Oktohydrat 558, 575.
Hexammin-Kobaltiselenat - Ammoniumselenat-Tetrahydrat 558, 575.
Hexammin - Kobaltiselenat - Pentahydrat 449, 468.
Hexammin - Kobaltiselenat - Pentahydrat + Selensäure 449, 469.
Hexammin - Kobaltisulfat - Ammoniumsulfat-Oktohydrat 558, 575.
Hexammin-Kobaltisulfat-Pentahydrat 449, 467.
Hexammin - Kobaltisulfat - Pentahydrat + Schwefelsäure 449, 469.
Hexammin-Natriumammoniumiridiumsulfit-Dekahydrat 302.
Hexammin - Natriumcuprosilberthiosulfat 665, 671.
Hexanatriumheptamolybdat - Oktokaidekahydrat 598, 604.
Hexanatriumtetramanganosulfat - Oktohydrat 482, 493.
Hörnesit 829.
Hohmannit 469, 470.
Homilit 741, 743.
Hopeït 829, 838.
Hornblende 231, 278, 279.
Hortonolith 243, 251.
Howlith 741.
Hübneiit 384, 396.
Humit 256.
Hureaulith 828.
Hutchinsonit 761, 765.
Hyalophan 275.
Hyalosiderit 251.
Hydrocerussit 214, 216.
Hydrotalkit 750.
Hydrocyanit 383, 392.
Hydrazinsulfat 380, 385.
Hydrogenammoniumphosphit 773.
Hydrogenbaryumorthoarsenat 815.
Hydrogenbaryumorthoarsenat-Monohydrat 828, 833.
Hydrogenbaryumorthophosphat 815, 821.
Hydrogenbleiorthoarsenat 816, 822.
Hydrogenbleiorthophosphat 816, 822.
Hydrogencalciumorthoarsenat 815.
Hydrogencalciumorthoarsenat-Dihydrat 828, 834.
Hydrogencalciumorthoarsenat - Monohydrat 828, 832.
Hydrogencalciumorthophosphat 815, 820.
Hydrogencalciumorthophosphat-Dihydrat 828, 833.
Hydrogencerocerisulfat-Dodekahydrat 581.
Hydrogencerosilicowolframat - Oktokaidekahydrat 625, 652.
Hydrogencupriorthoarsenat - Monohydrat 828.
Hydrogendiammoniumarsenmolybdat - Oktohydrat 864, 875.
Hydrogendiammoniumorthoarsenat 794, 799.
Hydrogendiammoniumorthophospat 794, 799.
Hydrogendidymsilicowolframat - Oktokaidekahydrat 625, 652.
Hydrogendikaliumorthoarsenat 794, 798.
Hydrogendinatriumorthoarsenat - Dodekahydrat 801, 809.
Hydrogendinatriumorthoarsenat - Heptahydrat 801, 807.
Hydrogendinatriumorthomonosulfarsenat - Oktohydrat 811, 813.
Hydrogendinatriumorthophosphat - Dodekahydrat 801, 808.
Hydrogendinatriumorthophosphat - Heptahydrat 801, 806.
Hydrogendisilberorthophosphat 794, 800.

Hydrogenerbiumsilicowolframat - $25\frac{1}{2}$ - Hydrat 625, 654.
Hydrogengadoliniumsilicowolframat - Oktokaidekahydrat 625, 653.
Hydrogenindiumsilicowolframat - Ikosihydrat 624, 648.
Hydrogenkaliumdimagnesiumdiorthophosphat-Pentakaidekahydrat 829, 840.
Hydrogenkaliumphosphit 773.
Hydrogenlanthanocerisulfat - Dodekahydrat 581.
Hydrogenlanthansilicowolframat-Oktokaidekahydrat 625, 651.
Hydrogenmagnesiumorthoarsenat-Heptahydrat 828, 836.
Hydrogenmagnesiumorthophosphat - Heptahydrat 828, 836.
Hydrogenmagnesiumorthophosphat - Monohydrat 827.
Hydrogenmagnesiumorthophosphat - Trihydrat 828, 834.
Hydrogenmanganoarsenat-Monohydrat 827.
Hydrogenmanganoorthophosphat-Trihydrat 828, 835.
Hydrogennatriumammoniumorthophosphat-Tetrahydrat 801, 806.
Hydrogennatriumphosphit - Hemipentahydrat 773, 774.
Hydrogenneodymcerisulfat-Dodekahydrat 581, 582.
Hydrogenpentakaliumphosphormolybdat - $9\frac{1}{2}$ - Hydrat 863, 869.
Hydrogenpentanatriumphosphorwolframat-Oktokaideka(?)hydrat 863, 870.
Hydrogenpraseodymcerisulfat - Dodekahydrat 581, 582.
Hydrogenstrontiumorthoarsenat 815, 821.
Hydrogenstrontiumorthoarsenat - Monohydrat 828, 832.
Hydrogenstrontiumorthophosphat 815, 820.
Hydrogenterbiumsilicowolframat - $24\frac{1}{2}$ - Hydrat 625, 654.
Hydrogentrikaliumhypophosphat - Trihydrat 775, 779.
Hydrogentrikaliumsilicomolybdat - $13\frac{1}{2}$ - Hydrat 620, 628.
Hydrogentrikaliumsilicowolframat - $14\frac{1}{2}$-Hydrat 620, 629.
Hydrogentrinatriumhypophosphat - Enneahydrat 775, 782.
Hydrogentrinatriumsilicomolybdat-Hexakaidekahydrat 620, 629.
Hydrogenuranylorthophosphat - Tetrahydrat 845, 849.
Hydrogenytterbiumsilicowolframat-$24\frac{1}{2}$-Hydrat 625, 654.
Hydrogenyttriumsilicowolframat - $24\frac{1}{2}$ - Hydrat 625, 653.
Hydrogenzinkorthoarsenat-Monohydrat 828.
Hydroherderit 817, 823.
Hydromagnesit 214, 216.
Hydronephelit 268.
Hydroxyberylliumcalciumphosphat 817, 823.
Hydroxyberylliumorthoborat 734, 737.
Hydroxycupriarsenat 818, 824.
Hydroxycupriphosphat 818, 824.
Hydroxylaminaluminiumsulfat - Dodekahydrat 554.
Hydroxylaminchromalaun 556.
Hydroxylamineisenalaun 557.
Hydroxylaminsulfat 324, 347.
Hydroxymagnesiumcalciumarsenat 818, 824.
Hydroxymanganoarsenat 817, 824.
Hydroxymanganophosphat 817.
Hydroxystrontiumaluminiumpyrophosphat 789, 793.
Hydroxyzinkarsenat 818, 825.
Hydroxyzinkbleivanadat 818, 825.
Hydroxyzinkphosphat 818, 825.
Hypersthen 235.
Hyposulfate 685 f.
Hyposulfite 664.

Idokras 277.
Iglesiasit 203.
Ilmenit 233, 241.
Ilvaït 277, 283.
Indiumsilicowolframat - Triskaienenekontahydrat 624.
Indiumsilicowolframat-Triskaihexakontahydrat 624, 650.
Inesit 234, 242.
Iridiumnitrat-Ammoniak 136, 140.

Jadeït 265.
Jakobsit 750.
Jamesonit 761.
Jarosit 559, 576.
Jeremejewit 740.
Jodapatite 819.
Jodsäure-Cäsiumchlorid 99, 100.
Jodsäure-Rubidiumchlorid 99.
Jordanit 762, 768.

Kainit 443.
Kalialaun 554, 565.
Kaliborit 735, 739.
Kalicinit 191.

Kalifeldspat 269, 273.
Kaliglimmer 267.
Kalinit 565.
Kalisalpeter 59, 63, 64, 67, 74.
Kaliumaluminiumhydrosilicat 271.
Kaliumaluminiummetasilicat 270.
Kaliumaluminiumselenat - Dodekahydrat 553, 574.
Kaliumaluminiumsilicate 266, 267.
Kaliumaluminiumsulfat-Dodekahydrat 554, 565.
Kaliumaluminiumtrisilicat 269, 273.
Kaliumamidosulfonat 718, 719.
Kaliumammoniumthiosulfat 664, 667.
Kaliumarsenmolybdat - Tessarakaidekahydrat 864, 879.
Kaliumarsenwolframat-Heptahydrat 864, 877.
Kaliumbaryumcarbonat 217.
Kaliumbaryumnitrit 29, 34.
Kaliumbaryumorthophosphat-Dekahydrat 830.
Kaliumbaryumsilicowolframat - Heptakaideka-hydrat 624, 647.
Kaliumberylliumorthophosphat 817.
Kaliumberylliumsilicat 268.
Kaliumbicarbonat 189, 191.
Kaliumbisulfat 308, 313.
Kaliumbisulfit 296, 297.
Kaliumbleinitrit-Monohydrat 30, 38.
Kaliumborowolframat-Diskaiïkosihydrat 746.
Kaliumborowolframat-Triskaidekahydrat 745.
Kaliumbromat 82, 92.
Kaliumcadmiumnitrit 29, 31, 33.
Kaliumcadmiumselenat-Dihydrat 484, 508.
Kaliumcadmiumsulfat-Dihydrat 483, 484, 485, 498.
Kaliumcadmiumsulfat-Hemitrihydrat 483, 494.
Kaliumcadmiumsulfat-Tetrahydrat 487, 508.
Kaliumcalciumcarbonat 217.
Kaliumcalciumchromat-Dihydrat 483, 501.
Kaliumcalciumnitrit-Trihydrat 31, 45.
Kaliumcalciumsilicat 265.
Kaliumcalciumsulfat-Monohydrat 482, 492.
Kaliumcarbonat-Hemitrihydrat 190, 198.
Kaliumcarbonat, saures 189, 190, 191.
Kaliumcarbonat-Trihydrat 190, 199.
Kaliumcerinitrat 159.
Kaliumcerisulfat-Dihydrat 578, 579.
Kaliumceronitrat-Hemitrihydrat 152, 153.
Kaliumchlorat 81, 90.
Kaliumchlorochromat 373, 374.
Kaliumchloropyroselenit 305.
Kaliumchromat 324, 348.
Kaliumchromat-Mercurichlorid 375, 377.
Kaliumchromat-Mercuricyanid 375, 377.
Kaliumchromisulfat-Dodekahydrat 556, 570.
Kaliumchromithiocyanat-Tetrahydrat 11, 12.
Kaliumcuprinitrit 28, 31.
Kaliumcupriselenat-Hexahydrat 489, 547.
Kaliumcupristrontiumnitrit 28.
Kaliumcuprisulfat-Hexahydrat 488, 529.
Kaliumcuprocuprisulfit-Pentahydrat 301.
Kaliumcupritrivanadat - Heptakaidekahydrat 851, 860.
Kaliumcyanat 1, 2.
Kaliumdichromat 584, 586.
Kaliumdichromat-Mercurichlorid 585, 594.
Kaliumdichromat-Mercuricyanid - Dihydrat 585, 595.
Kaliumdidymselenat-Pentahydrat 553, 562.
Kaliumdifluorojodat 84, 94.
Kaliumdijodat 142, 144.
Kaliumdijodat-Kaliumchlorid 144, 149.
Kaliumdijodatotellurat-Trihydrat 292, 294.
Kaliumdijodosulfat 373.
Kaliumdikobaltosulfat 482.
Kaliumdimagnesiumsulfat 481, 491.
Kaliumdimanganosulfat 482.
Kaliumdinickelsulfat 482.
Kaliumdioxyaluminiummetaborat 740.
Kaliumdithionat 685, 690, 692.
Kaliumdithionat-Natriumchlorid 686, 693.
Kaliumfluordithionat-Trihydrat 688.
Kaliumditrimagnesiumphosphat-Pentakaideka-hydrat 830, 840.
Kaliumdiuranylchromat-Hexahydrat 491, 552.
Kaliumdivanadat-Tetrahydrat 851, 858.
Kaliumdizinksulfat 482.
Kaliumferrat 325.
Kaliumferrimetasilicat 270.
Kaliumferrisulfat-Dodekahydrat 557, 571.
Kaliumferrit 749.
Kaliumferrithiocyanat-Dodekahydrat 11, 12.
Kaliumferritrisilicat 269, 274.
Kaliumferroselenat-Hexahydrat 489, 544.
Kaliumferrosulfat-Dihydrat 483, 485, 498.
Kaliumferrosulfat-Hexahydrat 488, 517.
Kaliumfluorochromat 373.
Kaliumfluoroniobat 795.
Kaliumfluorophosphat 795, 800.
Kaliumfluoroselenat 373, 375.
Kaliumfluorosulfat 373, 374.
Kaliumfluorotantalat 795.
Kaliumfluorotellurat 373.
Kaliumheptarutheniat 175.
Kaliumhydroxyaluminiumsulfat 559, 576.
Kaliumhydroxyferrisulfat 559, 576.
Kaliumhydroxylamin-$\alpha$-$\beta$-Disulfonat 718, 722.

Kaliumhydroxylamindisulfonat-Dihydrat 718, 721.
Kaliumhydroxymanganosulfat-Dihydrat 483.
Kaliumhydroxyplatinat 287, 288.
Kaliumhydroxyplumbat 287, 289.
Kaliumhydroxystannat 287, 288.
Kaliumhypophosphat-Oktohydrat 775, 782.
Kaliumimidosulfonat 718, 719.
Kaliumimidosulfonat (basisches) - Monohydrat 718, 720.
Kaliumiridiumsulfat-Dodekahydrat 558.
Kaliumisocyanat 1, 2.
Kaliumjodat 82, 93.
Kaliumjodatotellurat-Dihydrat 292.
Kaliumjodat, saures 142, 143, 144, 147.
Kaliumkobaltisulfat-Dodekahydrat 557.
Kaliumkobaltoselenat-Hexahydrat 489, 546.
Kaliumkobaltosulfat 481.
Kaliumkobaltosulfat-Hexahydrat 488, 525.
Kaliumkobaltthiocyanat-Tetrahydrat 9.
Kaliumkobalto-$\frac{4}{3}$-vanadat-Oktohydrat 851, 856.
Kaliumkupfernitrit 28, 31.
Kaliumkupferselenat-Hexahydrat 489, 547.
Kaliumkupfersulfat-Hexahydrat 488, 529.
Kaliumlanthanonitrat-Hemitrihydrat 152.
Kaliummagnesiumborat-Hydrat 735, 739.
Kaliummagnesiumcarbonat-Tetrahydrat 218, 222.
Kaliummagnesiumchromat-Dihydrat 483, 486, 500.
Kaliummagnesiumorthophosphat-Hexahydrat 830, 840.
Kaliummagnesiumselenat-Hexahydrat 489, 540.
Kaliummagnesiumsilicat 263.
Kaliummagnesiumsulfat 481.
Kaliummagnesiumsulfat-Hexahydrat 487, 509.
Kaliummagnesiumsulfat-Tetrahydrat 486, 507.
Kaliummagnesiumthiosulfat - Hexahydrat 667, 683.
Kaliummanganat 325, 351.
Kaliummanganat-Kaliumpermanganat 375, 379.
Kaliummanganoselenat-Dihydrat 484, 502.
Kaliummanganosulfat 481.
Kaliummanganosulfat, basisches 483.
Kaliummanganosulfat-Dihydrat 483, 485, 496.
Kaliummanganosulfat-Hemitrihydrat 483, 493.
Kaliummanganosulfat, saures 482, 483, 492, 494.
Kaliummanganosulfat-Tetrahydrat 487, 508.
Kaliummanganosulfit 301.
Kaliummangano-$\frac{4}{3}$-vanadat-Oktohydrat 851, 855.
Kaliummercuripentanitrit-Monohydrat 29, 32.
Kaliummetaborat 729, 730.
Kaliummetaperjodat 164, 175, 176.
Kaliummetawolframat-Oktohydrat 599, 606.
Kaliummetawolframat-Pentahydrat 599, 605.
Kaliummolybdat 326.
Kaliummolybdat-Hydroxylverbindung 599.
Kaliumnatriumnitrat - Kaliumhexacyanoferroat 144, 149.
Kaliumnickelcarbonat-Tetrahydrat 218, 222.
Kaliumnickelnitrit 28.
Kaliumnickelselenat-Hexahydrat 489, 545.
Kaliumnickelsulfat 481.
Kaliumnickelsulfat-Hexahydrat 488, 521.
Kaliumnickelthiocyanat-Tetrahydrat 9.
Kalium$\frac{7}{8}$-niobat-Diskaitriakontahydrat 851, 861.
Kalium-$\frac{4}{3}$-niobat-Hexakaidekahydrat 851, 861.
Kaliumnitrat 59, 63, 64, 67, 74.
Kaliumnitrilosulfonat-Dihydrat 719, 722.
Kaliumorthosulfovanadat 811.
Kaliumosmiamat 295.
Kaliumosmiat 291.
Kaliumosmitetrachlorosulfit 801, 803.
Kaliumosmyloxynitrit-Trihydrat 56.
Kaliumoxyazotrisulfonat-Monohydrat 719, 722.
Kaliumpalladiodibromonitrit 29, 37.
Kaliumpalladiodichloronitrit 29, 36.
Kaliumpalladionitrit-Dihydrat 30, 40.
Kaliumpalladiumsulfat-Dodekahydrat 557, 572.
Kaliumparawolframat-Hendekahydrat 601, 614.
Kaliumpentaborat-Tetrahydrat 730, 733.
Kaliumpentathionat-Hemitrihydrat 715, 717.
Kaliumperchlorat 164, 167.
Kaliumperjodat 164, 175, 176.
Kaliumpermanganat 164, 168.
Kaliumpermolybdat 723, 727.
Kaliumpersulfat 723, 724.
Kaliumperrutheniat 175.
Kaliumphosphormolybdat - Heptahydrat 863, 864, 869, 876.
Kaliumphosphorwolframat - Hentriakontahydrat 864, 882.
Kaliumphosphorwolframat - Heptahydrat 864, 877.
Kaliumphosphorwolframat-Tessarakaidekahydrat 864, 879.
Kaliumplatidichloronitrit 54.
Kaliumplatidibromonitrit 54, 55.
Kaliumplatinat 287, 288.
Kaliumplatithiocyanat 15.
Kaliumplatithiocyanat-Dihydrat 15, 16.
Kaliumplatitetrajodonitrit 54, 55.
Kaliumplatitribromonitrit 54, 55.
Kaliumplatodibromonitrit-Monohydrat 30, 39.
Kaliumplatodichloronitrit 29, 37.
Kaliumplatodijodonitrit-Dihydrat 31, 41.

Kaliumplatonitrit 29, 35.
Kaliumplatonitrit-Dihydrat 30, 40.
Kaliumplumbat 287, 289.
Kaliumpyrosulfit 304, 305.
Kaliumquecksilbernitrit-Monohydrat 29, 32.
Kaliumrhodanid 1, 2.
Kaliumrhodiumsulfat-Dodekahydrat 557.
Kaliumruthenat-Monohydrat 287, 289.
Kaliumrutheniumnitrit 52.
Kalium, saures überjodsaures 181, 182.
Kaliumselenat 326, 351.
Kaliumselenat, saures 308, 309, 315.
Kaliumselentrithionat 715, 716.
Kaliumsesquicarbonat 190, 195.
Kaliumsilbercarbonat 217.
Kaliumsilberchlorat 148.
Kaliumsilbernitrat 143, 148.
Kaliumsilbernitrit 27.
Kaliumsilicat 225.
Kaliumsilicohendekawolframat-Monohydrat 619, 627.
Kaliumsilicomolybdat-Oktokaidekahydrat 621, 633.
Kaliumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat 621, 633.
Kaliumsilicowolframat-Pentakaidekahydrat 621, 632.
Kaliumstannosulfat-Stannochlorid 482, 492.
Kaliumstannat 287, 288.
Kaliumstrontiumcarbonat 217.
Kaliumsulfat 321, 322, 337.
Kaliumsulfat, saures 308, 309. 313, 316.
Kalium-$\frac{3}{4}$-tantalat-Hexakaidekahydrat 851, 861.
Kaliumtellurate 291, 292.
Kaliumtetrachromat 586, 597.
Kaliumtetrathionat 715, 717.
Kaliumthallostrontiumdithionat 687, 695.
Kaliumthiocyanat 1, 2.
Kaliumthiomolybdat 661, 662.
Kaliumthiosulfat-$\frac{1}{3}$-Hydrat 665, 668.
Kaliumthiosulfat-1$\frac{2}{3}$-Hydrat 665, 670.
Kaliumthiosulfat-Mercuricyanid-Monohydrat 665, 678.
Kaliumthiowolframat 661, 663.
Kaliumthiowolframat-Dikaliumnitrat 662, 664.
Kaliumthoriumsulfat-Dihydrat 578, 579.
Kaliumtitanat 225.
Kaliumtriargentosilicomolybdat-Heptahydrat 621, 635.
Kaliumtriargentosilicomolybdat-Pentakaidekahydrat 621, 636.
Kaliumtriborat-Hemipentahydrat 729, 731.
Kaliumtriborat-Tetrahydrat 729, 731.
Kaliumtrichromat 585, 595.
Kaliumtrijodat 143, 147.
Kaliumtrinatriumcarbonat-Dodekahydrat 190, 199.
Kaliumtrithionat 715.
Kaliumuranat 327.
Kaliumuranylnitrat 150.
Kalium-$\frac{2}{3}$-vanadat-Pentahydrat 850, 853.
Kaliumvanadinwolframat 863, 868.
Kaliumvanadiosulfat-Dodekahydrat 556, 569.
Kaliumvanadiumsulfat-Hexahydrat 488.
Kaliumvanadylthiocyanat-Pentahydrat 16.
Kaliumwolframat 327, 359.
Kaliumwolframat-Dihydrat 361, 366.
Kaliumwolframsilicat-Enneahydrat 626, 659.
Kaliumzinkcarbonat, basisches 218.
Kaliumzinkselenat-Dihydrat 484, 503.
Kaliumzinksulfat-Hexahydrat 488, 532.
Kaliumzinkselenat-Hexahydrat 489, 548.
Kaliumzink-$\frac{2}{3}$-vanadat-Oktohydrat 851, 856.
Kaliumzirkonat 226.
Kalkeisenaugit 240.
Kalkkupfersulfat, überbasisches 442.
Kalknatronfeldspäte 275, 276.
Kalkspat 200, 204.
Kalkthongranat 276.
Kalkuranit 846, 849.
Kaluszit 492.
Kamarezit 439.
Kampylit 819.
Kaolinit 259, 262.
Katapleït 226, 229, 256.
Kentrolith 278, 284.
Keramohalit 449.
Kieserit 397, 405.
Kieselzinkerz 256, 258.
Klaprothit 761, 765.
Klinochlor 278.
Klinoëdrit 256, 258.
Klinohumit 256.
Klinoklas 818, 825.
Klinozoisit 277, 283.
Knebelit 252.
Knopit 238.
Kobaltinitrat-Ammoniak 135, 136, 139.
Kobaltinitrat-Triäthylendiamin 136, 140.
Kobaltinitritonitrat-Ammoniak 135, 136.
Kobaltnickelkies 756.
Kobaltoaluminat 749, 750.
Kobaltoarsenmolybdat-Heptakaitriakontahydrat 864, 881.
Kobaltoborowolframat-Oktokaidekahydrat 745.
Kobaltobromat-Hexahydrat 112.

Kobaltocarbonat 201.
Kobaltoceronitrat-Tessarakaiïkosihydrat 155, 157.
Kobaltochlorat-Hexahydrat 112.
Kobaltodithiocyanat-Trihydrat 3, 5.
Kobaltodithionat-Oktohydrat 690, 712.
Kobaltohypophosphit-Hexahydrat 769, 772.
Kobaltomercurithiocyanat 10.
Kobaltometatitanat 233.
Kobaltometawolframat-9½-Hydrat 600, 609.
Kobaltomolybdat 383.
Kobaltonitrat-Hexahydrat 111, 121.
Kobaltoorthoarsenat-Oktohydrat 829, 839.
Kobaltoorthoborat 734, 736.
Kobaltoorthosilicat 246.
Kobaltoplatonitrit-Oktohydrat 46, 50.
Kobaltopyroselenit 304.
Kobaltoselenat-Heptahydrat 403, 436.
Kobaltoselenat-Hexahydrat 401, 427.
Kobaltoselenat-Pentahydrat 399, 418.
Kobaltosilicomolybdat-Henkaitriakontahydrat 623.
Kobaltosilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat 623, 646.
Kobaltosilicowolframat-Oktokaidekahydrat 622, 641.
Kobaltosulfat-Heptahydrat 403, 435.
Kobaltosulfat-Hexahydrat 401, 426.
Kobaltosulfat-Pentahydrat 400.
Kobaltothiosulfat-Hexahydrat 666, 678.
Kobaltowolframat 385.
Kobaltspat 201.
Kobaltvitriol 403, 435.
Koenenit 751.
Köttigit 829.
Koppit 788.
Kraurit 844.
Kröhnkit 483, 495.
Krokeokobaltnitratverbindungen 135, 137.
Krokoït 382, 391.
Krugit 482.
Kubeït, s. Rubrit 576.
Kupferantimonglanz 760, 763.
Kupferbleisulfat, basisches 439, 441.
Kupferborowolframat-Enneakaidekahydrat 746.
Kupfercarbonat, basisches 214, 215, 216.
Kupferchlorat, überbasisches 125, 128.
Kupferdithionat-Pentahydrat 689, 709.
Kupferjodat 104, 110.
Kupferjodat, basisches 125, 126.
Kupferjodat-Monohydrat 111, 117.
Kupferkies 756, 757.
Kupferlasur 216.
Kupfernitrat-Ammoniak 123.
Kupfernitrat, überbasisches 125, 127.
Kupferpyroselenit 305.
Kupferselenat-Pentahydrat 399, 421.
Kupferselenit 299, 300.
Kupfersilicat 243, 247.
Kupfersulfat-Ammoniak 405, 438.
Kupfersulfat, basisches 439, 440, 441.
Kupfersulfat-Heptahydrat 403, 436.
Kupfersulfat-Hexahydrat 401.
Kupfersulfat-Pentahydrat 399, 419.
Kupfersulfat-Trihydrat 398, 411.
Kupfersulfat, überbasisches 442.
Kupferuranit 846, 849.
Kupfervitriol 399, 419.
Kupferwismutglanz 760, 763.

Labradorit 276.
Lagoriolith 277.
Lanarkit 439, 440.
Langbeinit 481, 491.
Langit 439, 442.
Lansfordit 214, 216.
Lanthanammoniumnitrat-Tetrahydrat 152, 153.
Lanthanbromat-Enneahydrat (?) 130.
Lanthancarbonat-Oktohydrat 211, 213.
Lanthanit 211, 213.
Lanthankaliumnitrat-Hemitrihydrat 152.
Lanthanmagnesiumnitrat 155.
Lanthanmangannitrat 155.
Lanthanmetawolframat-Triakontahydrat 600, 611.
Lanthannitrat-Hexahydrat 129, 131.
Lanthansilicowolframat-Henogdoekontahydrat 625, 636.
Lanthansulfat-Enneahydrat 448, 462.
Lanthansulfat-Pentahydrat 446.
Lanthanthiocyanat-Mercuricyanid-Dodekahydrat 12, 13.
Lanthanzinknitrat 155.
Lasurit 376.
Laumontit 281, 286.
Lautarit 108.
Lawsonit 278, 284.
Laxmannit 863.
Lazulith 844.
Leadhillit 443, 444.
Lecontit 365.
Lembergit 268.
Lengenbachit 762.
Leonit 486, 507.
Lepidolith 267.

Lettsomit 577.
Leucit 265, 270.
Leukophan 263, 264.
Leukosphenit 263.
Libethenit 818, 824.
Liëvrit 277, 283.
Linarit 439, 441.
Linneït 756.
Lirokonit 845.
Lithionglimmer 267.
Lithiophilit 817.
Lithiumaluminiumsilicat 268, 272.
Lithiumaluminiumsilicate 268, 269.
Lithiumammoniummolybdat-Monohydrat 360, 364.
Lithiumammoniumsulfat 319, 330.
Lithiumarsenmolybdat-Heptakaidekahydrat 864, 879.
Lithiumcarbonat 189, 198.
Lithiumchromat-Dihydrat 360, 365.
Lithiumdithionat-Dihydrat 687, 696.
Lithiumhypophosphit-Monohydrat 769, 770.
Lithiumkaliumchromat 319, 332.
Lithiumkaliummolybdat 319, 332.
Lithiumkaliummolybdat-Monohydrat 360, 364.
Lithiumkaliumselenat 319, 332.
Lithiumkaliumsulfat 318, 329.
Lithiumkaliumsulfat, saures 308, 311.
Lithiummanganoorthophosphat 817.
Lithiummetaborat-Oktohydrat 729, 731.
Lithiummetasilicat 225, 227.
Lithiummetaperjodat 175, 176.
Lithiumnatriumchromat, wasserhaltig 361, 368.
Lithiumnatriummolybdat, wasserhaltig 361, 368.
Lithiumnatriumselenat, wasserhaltig 361, 368.
Lithiumnatriumsulfat 318, 328.
Lithiumnatriumsulfat, wasserhaltig 361, 367.
Lithiumnatriumsulfatochromat, wasserhaltig 361, 369.
Lithiumnatriumwolframat, wasserhaltig 361, 369.
Lithiumnitrat 57.
Lithiumorthosilicat 225.
Lithiumperchlorat-Trihydrat 178.
Lithiumpermanganat-Trihydrat 178.
Lithiumplatonitrit-Trihydrat 31, 48.
Lithiumrubidiumsulfat 319, 330.
Lithiumselenat-Monohydrat 360, 364.
Lithiumsilicate 225, 226, 227.
Lithiumsilicomolybdat-Enneakaiïkosihydrat 621.
Lithiumsilicowolframat-Tetrakaidekahydrat 620, 630.
Lithiumsilicowolframat-Tetrakaiïkosihydrat 621, 635.
Lithiumsulfat 318, 328.
Lithiumsulfat-Monohydrat 360, 362.
Lithiumthallodithionat 686, 692.
Lithiumtrinatriumchromat-Hexahydrat 361, 368.
Lithiumtrinatriummolybdat-Hexahydrat 361, 368.
Lithiumtrinatriumselenat-Hexahydrat 361, 368.
Lithiumtrinatriumsulfat-Hexahydrat 361, 367.
Lithiumtrinatriumsulfatochromat-Hexahydrat 361, 369.
Lithiumtrinatriumwolframat-Hexahydrat 361, 369.
Lithium-$\frac{1}{3}$-vanadat-Dodekahydrat 850, 851.
Lithium-$\frac{2}{3}$-vanadat-Pentakaidekahydrat 850, 852.
Liveïngit 761, 765.
Löweït 486.
Löwigit 559.
Lorandit 761, 764.
Lorenzenit 226, 229.
Lossenit 863.
Luckit 402.
Ludlamit 829.
Ludwigit 751.
Luteokobaltammoniumselenat 558, 575.
Luteokobaltammoniumsulfat 558, 575.
Luteokobaltcarbonat 211, 213.
Luteokobaltchloridmetaphosphat 786, 787.
Luteokobaltchloroperchlorat 188.
Luteokobaltchloroselenat 471, 473.
Luteokobaltchlorosulfat 471, 472.
Luteokobaltchlorosulfat-Ammoniumsulfat 559.
Luteokobaltnitrat 136, 139.
Lutekobaltperchlorat 188.
Luteokobaltselenat 449, 468.
Luteokobaltselenat, saures 449, 469.
Luteokobaltsulfat 449, 467.
Luteokobaltsulfat, saures 449, 469.
Luzonit 811.

Magnesiaalaun 576.
Magnesit 200, 204.
Magnesiumaluminat 749, 752.
Magnesiumbromat-Hexahydrat 112.
Magnesiumborowolframat-Diskaiïkosihydrat 746.
Magnesiumcalciumcarbonat 200, 207.
Magnesiumcalciumorthosilicat 245, 248.
Magnesiumcalciummetasilicat 230, 236.
Magnesiumcarbonat 200, 204.

Magnesiumcarbonat, basisches 214, 216.
Magnesiumcarbonat-Pentahydrat 211, 213.
Magnesiumcarbonat-Tetrahydrat 211, 212.
Magnesiumcarbonat-Trihydrat 211.
Magnesiumcerinitrat-Oktohydrat 161, 162.
Magnesiumceronitrat-Tessarakaiïkosihydrat 155, 156.
Magnesiumchloroborat 735, 739.
Magnesiumchromat-Heptahydrat 401, 431.
Magnesiumchromat-Pentahydrat 399, 415.
Magnesiumchromit 750.
Magnesiumdidymonitrat-Tessarakaiïkosihydrat 155, 158.
Magnesiumdithionat-Hexahydrat 690, 709.
Magnesiumdivanadat-Oktohydrat 851, 860.
Magnesiumferrit 750.
Magnesiumfluorophosphat 817, 823.
Magnesiumgadoliniumnitrat-Tessarakaiïsohydrat 156, 159.
Magnesiumhydroxycarbonat-Ikosihenhydrat 214, 216.
Magnesiumhydroxycarbonat - Trihydrat 214, 216.
Magnesiumhydroxyferrisulfat 577, 578.
Magnesiumhypophosphit-Hexahydrat 769, 772.
Magnesiumjodat-Tetrahydrat 111, 120.
Magnesiumlanthanonitrat, wasserhaltig 155.
Magnesiummetaborat-Trihydrat 735, 737.
Magnesiummetasilicat 229, 230, 234.
Magnesiummetatitanat 233, 240.
Magnesiummetawolframat-Oktohydrat 600, 607.
Magnesiummetazirkonat 234.
Magnesiummolybdat-Pentahydrat 399, 415.
Magnesiumneodymmononitrat-Tessarakaiïkosihydrat 155, 158.
Magnesiumnitrat-Hexahydrat 111, 120.
Magnesiumoktomolybdat-Triskaidekahydrat 598.
Magnesiumorthoarsenat-Oktohydrat 829.
Magnesiumorthoborat 734, 736.
Magnesiumorthophosphat-Diskaiïkosihydrat 829, 839.
Magnesiumorthophosphat-Oktohydrat 829.
Magnesiumorthosilicat 244, 248.
Magnesiumorthotitanat 247.
Magnesiumphosphortrimetawolframat-Dekahydrat 864, 875.
Magnesiumplatodijodonitrit-Oktohydrat 46, 51.
Magnesiumplatonitrit-Pentahydrat 46, 49.
Magnesiumpyroniobat 788.
Magnesiumpyroselenit 304.
Magnesium, saures überjodsaures 184.
Magnesiumselenat-Hexahydrat 400, 423.
Magnesiumselenat-Heptahydrat 402.
Magnesiumselenit-Hexahydrat 299.
Magnesiumsilicomolybdat-Henkaitriakontahydrat 628.
Magnesiumsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat 623, 646.
Magnesiumsilicowolframat-Oktokaidekahydrat 622, 639.
Magnesiumsulfat-Dihydrat 397.
Magnesiumsulfat-Heptahydrat 401, 428.
Magnesiumsulfat-Hexahydrat 400, 422.
Magnesiumsulfat-Kaliumchlorid-Trihydrat 443.
Magnesiumsulfat-Monohydrat 397, 405.
Magnesiumsulfat-Pentahydrat 399, 414.
Magnesiumsulfat, saures 380.
Magnesiumsulfat-Tetrahydrat 398, 413.
Magnesiumsulfatoborat-Hydrat 735, 787.
Magnesiumsulfit-Trihydrat 299, 301.
Magnesiumthiosulfat-Hexahydrat 666, 675.
Magnesiumthoriumnitrat-Oktohydrat 161, 162.
Magnesium-$\frac{3}{2}$-vanadat-9$\frac{1}{2}$-Hydrat 850, 852.
Magnesium-$\frac{5}{3}$-vanadat-Oktokaiïkosihydrat 850, 854.
Magnesiumwolframat 383, 385.
Magnetit 750, 753.
Magnochromit 750.
Malachit 214, 215.
Mallardit 402.
Manganalaun 576.
Mangan-Epidot 277.
Manganisulfat 445.
Manganoaluminat 749, 752.
Manganoaluminiumorthosilicat 276.
Manganocalciumorthosilicat 245, 249.
Manganocalciummetasilicat - Hemihydrat 234, 242.
Manganocarbonat 201, 207.
Manganoceronitrat-Tessarakaiïkosihydrat 153, 156.
Manganochlorosilicat 247, 254.
Manganochromit 750.
Manganodithionat-Trihydrat 689, 704.
Manganodithionat-Hexahydrat 690, 710.
Manganoferrit 750.
Manganolanthanonitrat, wasserhaltig 155.
Manganometamanganit 306, 307.
Manganometaniobat 786.
Manganometasilicat 232, 239.
Manganometatantalat 786.
Manganometatitanat 233, 241.
Manganometawolframat-Dekahydrat 600, 610.
Manganomolybdat 383.

Manganoorthoborat 734, 736.
Manganoorthomanganit 307.
Manganoorthosilicat 245, 249.
Manganoplatonitrit-Oktohydrat 46, 49.
Manganoselenat-Dihydrat 397, 409.
Manganoselenat-Pentahydrat 399, 417.
Manganosilicomolybdat-Henkaitriakonta-hydrat 623.
Manganosilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat 623, 646.
Manganosilicowolframat-Oktokaidekahydrat 622, 640.
Manganosulfat-Heptahydrat 402.
Manganosulfat-Pentahydrat 399, 416.
Manganosulfat-Tetrahydrat 398, 413.
Manganosulfit-Monohydrat 299.
Manganosulfit-Trihydrat 299.
Manganowolframat 384, 385, 396.
Manganspat 201, 207.
Manganvitriol 399, 416.
Marialith 269, 275.
Mazapilit 845.
Mejonit 276, 282.
Melanglanz 763, 768.
Melanit 276.
Melanochroit 439.
Melanotekit 278, 284.
Melanterit 402, 431.
Melilith 254.
Melinophan 263, 264.
Mendozit 554.
Meneghinit 762, 768.
Mennige 287.
Mercuribromat, basisches 125, 126.
Mercurichlorat, basisches 125, 126.
Mercurichlorothiocyanat 3, 4.
Mercurinitrat (basisches)-Hemihydrat 125, 128.
Mercuriorthoarsenat 816.
Mercurisilicowolframat-Pentakaidekahydrat 622, 686.
Mercurometaarsenat 786.
Mercuronitrat, $\frac{4}{3}$ basisches 96, 97.
Mercuronitrat, $\frac{5}{3}$ basisches 96, 97.
Mercuronitrat-Monohydrat 96.
Mercuronitrit-Hemihydrat 18, 19.
Mercuroorthophosphat 795.
Mercurosulfat 327, 360.
Mesolith 280.
Methylammoniumaluminiumsulfat-Dodeka-hydrat 554, 568.
Methylaminalaun 554, 568.
Miargyrit 761, 764.
Mikroklin 269, 273.
Mikrolith 788.
Milarit 278.
Mimetesit 819, 827.
Mirabilit 362, 371.
Misenit 309, 316.
Molybdänomolybdat-Pentahydrat 474 Anmerk.
Monammin-Cadmiumthiocyanat 4, 5.
Monammin-Silbernitrit 18, 19.
Monazit 844.
Monetit 815, 820.
Monimolit 816.
Monoammoniumarsenat 793, 797.
Monoammoniumcarbonat 189, 192.
Monoammoniumphosphat 793, 796.
Monoammoniumselenat 309, 316.
Monoammoniumsulfat 308, 314.
Monobaryumarsenat-Dihydrat 827, 832.
Monobaryumphosphat 815, 819.
Monocadmiumperjodat-Trihydrat 184, 186.
Monocalciumphosphat-Monohydrat 827, 830.
Monocupriorthosilicat 243, 247.
Monokaliumarsenat 793, 796.
Monokaliumcarbonat 189, 191.
Monokaliummagnesiumcarbonat-Tetrahydrat 217, 221.
Monokaliummanganosulfat-Dihydrat 483, 494.
Monokaliumphosphat 793, 795.
Monokaliumselenat 308, 315.
Monokaliumsubphosphat 775, 776.
Monokaliumsulfat 308, 313.
Monokaliumsulfat-Kaliumjodat 375, 378.
Monokaliumsulfit 296, 297.
Monolithiumtetrakaliumtetrasulfat 308, 311.
Monomagnesiumantimonat-Dekahydrat 827.
Monomagnesiumperjodat-Hexahydrat 184.
Mononatriumarsenat 801, 803, 805.
Mononatriumcarbonat 189, 191.
Mononatriumphosphat 801, 802, 804.
Mononatriumsulfat 308, 310.
Mononatriumsulfat-Monohydrat 308, 312.
Mononickelantimonat-Dekahydrat 827.
Mononickelperjodat-Hexahydrat 184.
Monosilberarsenat 794, 798.
Monothallophosphat 794, 797.
Monothallosulfat 308.
Monozinkphosphat-Dihydrat 827, 83[illegible].1
Monticellit 245, 248.
Morenosit 434.
Mossit 786.
Muscovit 267, 271.

Nadelerz 762.
Nadorit 759, 760.

Narsarsukit 269, 275.
Nasonit 257.
Natriumaluminiumchlorosilicat 271, 275.
Natriumaluminiumhydrosilicat 272.
Natriumaluminiumorthosilicat-Hemihydrat 268.
Natriumaluminiumsilicate 268, 272.
Natriumaluminiumsulfat-Dodekahydrat 553, 564.
Natriumaluminiumtrisilikat 269, 273.
Natriumammoniumchromat-Dihydrat 361, 366.
Natriumammoniumparawolframat-Dekahydrat 601, 616.
Natriumammoniumparawolframat-Pentakaidekahydrat 601, 616.
Natriumammoniumphosphat-Tetrahydrat 801, 806.
Natriumammoniumpyrophosphat-Dekahydrat 787, 791.
Natriumammoniumsulfat-Dihydrat 361, 365.
Natriumarsenmolybdat-Dodekahydrat 864, 878.
Natriumarsenmolybdat - Pentakaidekahydrat 864, 879.
Natriumbaryumborowolframat-Hydrat 746.
Natriumbaryumcarbonat 217.
Natriumbaryumorthophosphat-Dekahydrat 830.
Natriumbaryumsilicowolframat-Oktokaiïkosihydrat 624, 648.
Natriumberylliumorthophosphat 816, 822.
Natriumberylliumsilicat 263.
Natriumbicarbonat 189, 191.
Natriumborowolframat-Enneakaiïkosihydrat 746.
Natriumborowolframat-Hendekahydrat 745, 746.
Natriumbromat 78, 87.
Natriumbromat-Natriumbromid-Dihydrat 99, 100.
Natriumcarbonat-Dekahydrat 190, 197.
Natrium-½-carbonat-Dihydrat 190, 194.
Natriumcarbonat-Hemipentahydrat 190, 196.
Natriumcarbonat-Heptahydrat 190, 197.
Natriumcarbonat-Monohydrat 190, 196.
Natriumcarbonat, saures 189, 190, 191, 194.
Natriumcarbonatosulfat 375, 380.
Natriumcalciumaluminiumsilicocarbonat 268, 272.
Natriumcalciumberylliumfluorosilicat 264.
Natriumcalciumcarbonat 217.
Natriumcalciumcarbonat-Dihydrat 217, 219.
Natriumcalciumcarbonat-Pentahydrat 218, 222.
Natriumcalciumsilicat 264.
Natriumcalciumsulfat 481, 491.
Natriumchlorat 78, 80, 84.
Natriumchromalaun 556.
Natriumchromat 320, 333.
Natriumchromat-Dekahydrat 362, 372.
Natriumchromat-Dihydrat 361.
Natriumchromat-Tetrahydrat 361, 369.
Natriumchromithiocyanat-Dodekahydrat 11.
Natriumcupricarbonat-Trihydrat 217, 220.
Natriumcuprisulfat-Dihydrat 483, 495.
Natriumcuprosilberthiosulfat-Ammoniak 665, 671.
Natriumdichromat-Dihydrat 585, 592.
Natriumdihydroxyaluminiumcarbonat 218.
Natriumdijodosulfat 373.
Natriumdikaliumnitrilosulfonat 719, 722.
Natriumdisulfopersulfat 723, 727.
Natriumdithionat-Dihydrat 687, 696, 698.
Natriumdiuranoorthophosphat 845, 848.
Natriumdivanadat-Tetrahydrat 851, 858.
Natriumferrit 749.
Natriumferrifluorotitanosilicat 275.
Natriumferrimetasilicat 269.
Natriumferrisulfat-Trihydrat 553, 559.
Natriumferrosulfat-Tetrahydrat 486, 507.
Natriumgranat 277.
Natriumheptawolframat-Hekkaidekahydrat 600, 613.
Natriumheptawolframat-Hemikosihydrat 601, 613.
Natriumhydroxyferrisulfat 559, 576.
Natriumhydroxystannat 286, 288.
Natriumhypophosphat-Dekahydrat 775, 784.
Natriumhypophosphit-Monohydrat 769, 771.
Natriumjodat 80, 88.
Natriumjodat-Natriumchlorid-Enneahydrat 99, 101.
Natriumjodat-Natriumjodid-Ikosihydrat 99, 102.
Natriumjodat-Pentahydrat 96.
Natriumkaliumwolframat, wasserhaltig 361, 370.
Natriumkaliummolybdat, wasserhaltig 361, 370.
Natriumkaliumparawolframat-Pentakaidekahydrat 601, 617.
Natriumkaliumparawolframat-Pentakaiïkosihydrat 601, 618.
Natriumkaliumsulfat, saures 308, 312, 313.
Natriumkobaltcarbonat-Tetrahydrat 218, 221.
Natriumkobaltthiocyanat-Oktohydrat 9.
Natriumkupfercarbonat-Trihydrat 217, 220.
Natriumkupfersulfat-Dihydrat 483, 495.
Natriummagnesiumcarbonat 217.
Natriummagnesiumchlorocarbonat 217, 219.

Natriummagnesiumorthoarsenat-Enneahydrat 830, 843.
Natriummagnesiumorthophosphat-Enneahydrat 830, 842.
Natriummagnesiumpentaborat-Pentakaidekahydrat 735, 739.
Natriummagnesiumsulfat-Hemipentahydrat 486.
Natriummagnesiumsulfat-Tetrahydrat 486, 505.
Natriummanganoorthophosphat 817.
Natriummanganosulfat-Dihydrat 483, 495.
Natriummanganosulfat-Tetrahydrat 486, 506.
Natriummanganosulfat, wasserhaltig 482, 493.
Natriummetaborat-Tetrahydrat 729, 730.
Natriummetaniobat 786.
Natriummetaperjodat 175, 176.
Natriummetaperjodat-Hexahydrat 178.
Natriummetasilicat-Enneahydrat 225, 228.
Natriummetasilicat-Oktohydrat 225, 228.
Natriummetasilicat-Pentahydrat 225, 227.
Natriummetawolframat-Dekahydrat 599, 607.
Natriummolybdat-Dekahydrat 362.
Natriummolybdat-Dihydrat 361.
Natriummonoammoniumsulfit-Tetrahydrat 301, 302.
Natriumnickelthiocyanat-Oktohydrat 9.
Natriumnitrat 57 f., 61, 67, 72, 79, 81.
Natriumnitratosulfat-Monohydrat 375, 378.
Natriumnitrit 18.
Natriumoktozirkonat-Dodekahydrat 226.
Natriumorthoarsenat-Dodekahydrat 802, 810.
Natriumorthoarsenat-Natriumfluorid 802, 810.
Natriumorthomonoselenoarsenat-Dodekahydrat 812, 814.
Natriumorthomonosulfarsenat-Dodekahydrat 812, 814.
Natriumorthophosphat-Dodekahydrat 802, 810.
Natriumorthophosphat-Natriumfluorid 802, 810.
Natriumorthoselenoarsenat-Oktohydrat 811.
Natriumorthosulfantimonat-Enneahydrat 812, 814.
Natriumorthosulfarsenat-Oktohydrat 811, 813.
Natriumorthosulfostannat 287, 290.
Natriumorthovanadat-Dekahydrat 802, 810.
Natriumorthovanadat-Dodekahydrat 802, 810.
Natriumorthovanadat-Heptahydrat 801.
Natriumorthovanadat-Natriumfluorid 802, 811.
Natriumparawolframat-Henikosihydrat 601, 617.
Natriumparawolframat-Oktokaiïkosihydrat 601, 618.
Natriumparawolframat-Pentakaiïkosihydrat 601, 617.
Natriumpentawolframat-Hendekahydrat 600, 612.
Natriumperchlorat 164.
Natriumphosphit-Pentahydrat 773, 774.
Natriumphosphormolybdat-Tessarakaidekahydrat 863, 870.
Natriumphosphortrimetawolframat-Oktakaidekahydrat 864, 874.
Natriumphosphorwolframat-Diskaitetrakontahydrat 865, 884.
Natriumphosphorwolframat-Triakontahydrat 865, 883.
Natriumplatinsulfat-Tetrahydrat 553, 560.
Natriumplatodijodonitrit-Tetrahydrat 31, 43, 45.
Natriumplatonitrit 30, 38.
Natriumpyrophosphat-Dekahydrat 787, 792.
Natriumpyrovanadat-Oktokaidekahydrat 788, 792.
Natriumrutheniumnitrit-Dihydrat 52.
Natriumselenat 320, 334.
Natriumselenat-Dekahydrat 362, 372.
Natriumsilberthiosulfat-Monohydrat 665, 669.
Natriumsilicate 225, 227, 228.
Natriumsilicomolybdat-Tetrakaidekahydrat 621, 631.
Natriumsilicotitanate 226, 228.
Natriumsilicotitanozirkonate 226, 229.
Natriumsilicowolframat-Ikosihydrat 621, 633.
Natriumsilicowolframat-Natriumnitrat-Pentakaitessarakontahydrat 621, 632.
Natriumsilicowolframat-Tetrakaidekahydrat 621, 631.
Natriumsilicowolframat-Triskaidekahydrat 620, 630.
Natriumsilicozirkonate 226, 229.
Natriumstannat 286, 288.
Natriumstrontiumcarbonat 217.
Natriumstrontiumorthoarsenat-Enneahydrat 830.
Natriumsubphosphat-Dekahydrat 775, 784.
Natriumsulfat 319, 333.
Natriumsulfat-Bleihydroxychlorid 375.
Natriumsulfat-Dekahydrat 362, 371.
Natriumsulfat-Heptahydrat 361, 371.
Natriumsulfat-Natriumchlorid-Natriumfluorid 375.
Natriumsulfat-Natriumfluorid 375, 376.
Natriumsulfat-Natriummagnesiumcarbonat 375.
Natriumsulfat, saures 308, 310, 311, 312.
Natriumsulfit-Dekahydrat 190, 198.
Natriumsulfit-Heptahydrat 190, 197, 296, 298.
Natriumsulfostannat 287, 290.
Natrium-$\frac{3}{4}$-tantalat-Pentakaiïkosihydrat 851, 862.

Natriumtellurmonophosphat 862, 865.
Natriumtetraborat-Dekahydrat 730, 732.
Natriumtetraborat-Pentahydrat 729, 732.
Natriumthallodithionat 686, 693.
Natriumthiosulfat-Pentahydrat 665, 670.
Natriumtitanat 225.
Natriumtrikaliumchromat 322, 336.
Natriumtrikaliumselenat 322.
Natriumtrikaliumsulfat 321, 385.
Natriumtrithionat-Trihydrat 715, 716.
Natriumtrititanat 226.
Natriumuranat 320.
Natrium-$\frac{1}{2}$-vanadat-Hexakaidekahydrat 850, 852.
Natriumvanadinwolframat 868, 868.
Natriumwolframat-Dihydrat 361, 365.
Natriumwolframsilicat-Dodekahydrat 626, 659.
Natriumzinkcarbonat, basisches 218.
Natriumzinksulfat-Tetrahydrat 486, 507.
Natriumzirkonat 226.
Natrocalcit 222.
Natrojarosit 559, 576.
Natrolith 268, 272.
*Natronalaun* 553, 565.
*Natronalunit* 559.
Natronfeldspat 269, 273.
Natronkatapleït 226, 229.
Natronsalpeter 57 f., 61, 67, 72, 79, 81.
Natrophilit 817.
Neodymammoniumnitrat-Tetrahydrat 155.
Neodymnitrat-Hexahydrat 129.
Neodymnitrat-Pentahydrat 129.
Neodymsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat 625, 655.
Neodymsulfat-Oktohydrat 447, 456.
Nephelin 266, 271.
Neptunit 263.
Nesquehonit 211.
Newberyit 828, 834.
Nickelarsenmolybdat-Hextakaitriakontahydrat 864, 881.
Nickelbromat-Hexahydrat 112.
Nickelcarbonat 201.
Nickelceronitrat-Tessarakaiïkosihydrat 155, 157.
Nickelchlorat-Hexahydrat 112.
Nickeldithionat-Hexahydrat 690, 710.
Nickelhypophosphit-Hexahydrat 769.
Nickelmetatitanat 233.
Nickelmetawolframat-Oktohydrat 600, 608.
Nickelmolybdat 383.
Nickelnitrat-Hexahydrat 111, 121.
*Nickelorthoarsenat-Oktohydrat* 829.
Nickelorthosilicat 246.
Nickelplatonitrit-Oktohydrat 46, 50.
Nickel, saures überjodsaures 184.
Nickelselenat-Hexahydrat 401, 426.
Nickelsilicomolybdat-Henkaitriakontahydrat 623.
Nickelsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat 623, 646.
Nickelsilicowolframat-Oktokaidekahydrat 622, 640.
Nickelsulfat-Heptahydrat 403, 434.
Nickelsulfat-Hexahydrat 400, 423.
Nickelsulfat, Hydroxylaminverbindung 405.
Nickelsulfat-Pentahydrat 399.
Nickelthiosulfat-Hexahydrat 666, 676.
Nickelthoriumnitrat-Oktohydrat 161, 163.
Nickelvitriol 403, 434.
Nickelwolframat 385.
Niobit 786.
Nivenit 474.
Nontronit 259.
Nordenskiöldin 740, 741.
Northupit 217, 219.
Nosean 376.

Ochrolith 759.
Okenit 234.
Oktohydrogenthoriumsilicowolframat-Pentakaitessarakontahydrat 626, 658.
Oktohydroxyheptamanganodiarsenat 818, 826.
Oktokaliumheptasulfat 309, 316.
Oligoklas 276.
Olivenit 818, 824.
Olivin 244, 251.
Orthit 277.
Orthoklas 269, 273.
Oxyaluminiummetaborat 740.
Oxywismutdithionat-Pentahydrat 690, 714.

Palmierit 482.
Pandermit 735.
Paragonit 267.
Parahopeït 829.
Parisit 219, 223.
Pearcit 763, 769.
Pechblende 474.
Peganit 844.
Pektolith 263, 264.
Pentahydrogennatriumtrisulfopentaoxydiorthoarsenat-Monohydrat 811, 812.
Pentahydrogentetrathallotriorthophosphat 794, 798.
Pentahydrogentrikaliumdihypophosphat-Dihydrat 775, 777.

Pentakaliummanganitetradimolybdat-Hexahydrat 598.
Pentakaliummercurithiosulfat-Monohydrat 666, 680.
Pentakaliumtrimercurithiosulfat 666, 679.
Pentakaliumtricadmiumthiosulfat 666, 679.
Pentammin-Aquo-Kobaltisulfat-Trihydrat 449, 467.
Pentamminchlor-Nitrito-Kobaltinitrat 136, 139.
Pentammin-Hydrokobaltisulfat-Dihydrat 449, 466.
Pentammin-Iridiumbromodinitrit 24, 27.
Pentammin-Iridiumchlorodinitrit 24, 26.
Pentammin-Iridiumchlorosulfat-Dihydrat 470, 472.
Pentammin-Kobaltdichloronitrit 24, 26.
Pentamminkobaltinitrat 135, 138.
Pentammin-Kobaltinitrat-Monohydrat 136, 139.
Pentammin-Kobaltichlorosulfat + Schwefelsäure 471, 472.
Pentammin-Nitrito-Kobaltinitrat 135, 138.
Peridot 244, 251.
Perowskit 233, 240.
Petalit 268, 272.
Phakelit 266.
Pharmakolith 828, 834.
Pharmakosiderit 844.
Phenakit 244, 247.
Phillipsit 280.
Phlogopit 267.
Phönicit 439.
Phosgenit 214, 215.
Phosphorigsaure Salze 773.
Phosphorocalcit 818.
Phosphorsalz 801, 806.
Pickingerit 576.
Piemontit 277.
Pikromerit 509.
Pinakiolith 751.
Pinnoït 735, 737.
Pirssonit 217, 219.
Pisanit 403.
Pistazit 277, 283.
Plagioklase 275, 276.
Plagionit 761, 765.
Platidichloronitrat-Ammoniak-Dihydrat 136, 140.
Platinsulfat, saures 448, 465.
Platoäthylsulfinnitrit 20, 21.
Platobutylsulfinnitrit 20, 22.
Platoisobutylsulfinnitrat 123, 125.
Platoisobutylsulfinnitrit 20, 23.
Platoisopropylsulfinnitrit 20, 22.
Platonitrat-Ammoniak 123, 124.
Platopropylsulfinnitrit 20, 22.
Platosulfat-Ammoniak 405, 438.
Platosulfat-Hydroxylaminverbindung 403.
Pleonast 752.
Plumbocalcit 203.
Plumbogummit 789.
Plumbojarosit 577, 578.
Plumbostibit 762.
Pollucit 266, 271.
Polyargyrit 763.
Polyarsenit 817, 824.
Polybasit 763, 769.
Polydymit 756.
Polyhalit 482.
Polykras 862.
Polymignit 862.
Polysphärit 819.
Powellit 383, 393.
Praseodymammoniumnitrat-Tetrahydrat 155.
Praseodymselenat-Oktohydrat 447.
Praseodymsulfat-Oktohydrat 447, 454.
Praseodymsulfat-Pentahydrat 446, 449.
Praseodymsulfat-Pentakaidekahydrat 449.
Prehnit 277, 282.
Prolektit 256.
Proustit 762, 767.
Pseudobrookit 259, 261.
Pseudomalachit 818.
Pucherit 843.
Purpureokobaltnitrat 135, 138.
Purpureokobaltsulfat 449, 466.
Purpureokobaltchlorosulfat + Schwefelsäure 471, 472.
Pyrargyrit 762, 767.
Pyroaurit 750.
Pyrochlor 862.
Pyromorphit 819, 826.
Pyrop 276.
Pyrophanit 233, 241.
Pyroselenite 304.
Pyrosmalith 247.
Pyrostilpnit 762, 767.
Pyroxen 231, 278, 279.

Quecksilberbromat, basisches 125, 126.
Quecksilberchlorat, basisches 125, 126.
Quecksilberchlorthiocyanat 3, 4.
Quecksilbernitrat (basisches)-Hemihydrat 125, 128.
Quecksilberphosphat 795.
Quecksilbersulfat 327, 360.
Quenstedtit 448, 463.

Raspit 384, 395.
Rathit 761, 765.
Reddingit 828.
Rhodanammonium 1, 3.
Rhodanblei 3, 4.
Rhodankalium 1, 2.
Rhodanthallium 2, 3.
Rhodanwismut 5, 6.
Rhodizit 740.
Rhodochrosit 207.
Rhodonit 232, 239.
Rhodotilit 234, 242.
Riebeckit 265.
Rittingerit 762, 767.
Römerit 576, 577.
Röpperit 246, 252.
Rößlerit 828, 836.
Romeït 759.
Roselith 828.
Roseokobaltnitrat 136, 139.
Roseokobaltsulfat 449, 467.
Rotbleierz 382, 391.
Rotgiltigerze 762, 767.
Rubidiumaluminiumsulfat-Dodekahydrat 554, 567.
Rubidiumcadmiumsulfat-Hexahydrat 489, 537.
Rubidiumchlorat 83.
Rubidiumchromat 325, 348.
Rubidiumchromisulfat-Dodekahydrat 556, 570.
Rubidiumcuprisulfat-Hexahydrat 488, 529.
Rubidiumdichromat 584, 588.
Rubidiumdifluorojodat 84, 94.
Rubidiumdimagnesiumsulfat 482.
Rubidiumdithionat 685, 691.
Rubidiumferriselenat-Dodekahydrat 558, 574.
Rubidiumferrisulfat-Dodekahydrat 557, 571.
Rubidiumferrosulfat-Hexahydrat 488, 518.
Rubidiumgalliumsulfat-Dodekahydrat 557, 573.
Rubidiumindiumsulfat-Dodekahydrat 557, 574.
Rubidiumiridiumsulfat-Dodekahydrat 558.
Rubidiumjodat 83.
Rubidiumjodatotellurat-Dihydrat 292, 293.
Rubidiumkobaltosulfat-Hexahydrat 488, 526.
Rubidiumkupfersulfat-Hexahydrat 488, 529.
Rubidiummagnesiumselenat-Hexahydrat 489, 541.
Rubidiummagnesiumsulfat 481.
Rubidiummagnesiumsulfat-Hexahydrat 487, 511.
Rubidiummanganisulfat-Dodekahydrat 557.
Rubidiummanganosulfat 481.
Rubidiummanganosulfat-Dihydrat 483, 497.
Rubidiummanganosulfat-Hexahydrat 488, 514.
Rubidiummetaperjodat 175, 177.
Rubidiummetawolframat-Oktohydrat 599, 606.
Rubidiumnickelsulfat-Hexahydrat 488, 522.
Rubidiumnitrat 62, 65, 68, 75.
Rubidiumperchlorat 165, 171.
Rubidiumpermanganat 165, 171.
Rubidiumpersulfat 723, 725.
Rubidiumplatodijodonitrit-Dihydrat 31, 42.
Rubidiumplatonitrit 29, 35.
Rubidiumplatonitrit-Dihydrat 30, 41.
Rubidiumrhodiumsulfat-Dodekahydrat 557, 573.
Rubidiumselenat 326, 353.
Rubidiumsulfat 323, 340.
Rubidiumtellurat 291.
Rubidiumtetraborat-Hexahydrat 729.
Rubidiumtitanosulfat-Dodekahydrat 556, 569.
Rubidiumtrichromat 585.
Rubidiumuranylnitrat 150, 151.
Rubidiumvanadiosulfat-Dodekahydrat 556, 569.
Rubidiumzinkselenat-Hexahydrat 489, 548.
Rubidiumzinksulfat-Hexahydrat 488, 533.
Rubrit 576.
Rutheniumnitrosohydroxydinitrat-Ammoniak 141.

Salpeter 59, 63, 64, 67, 74.
Samariumsilicowolframat-Henogdoekontahydrat 625, 658.
Samariumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat 623, 655.
Samariumsulfat-Oktohydrat 447, 458.
Samarskit 789.
Sanidin 274.
Sapphirin 279.
Sardinian 382.
Sarkinit 817, 824.
Sartorit 761, 764.
Scheelit 383, 393.
Schefferit 232.
Schlippe'sches Salz 812, 814.
Schönit 509.
Schwefelcyanammonium 1, 3.
Schwefelcyanblei 3, 4.
Schwefelcyancadmium-Ammoniak 4, 5.
Schwefelcyankalium 1, 2.
Schwefelcyanthallium 2, 3.
Selenalaune 558.
Seligmannit 762, 768.
Semseyit 761, 766.
Serpentin 255.
Sesquioxydplatinschwefelsäure 448, 465.
Siderit 201, 208.

Sideronatrit 559.
Silberaluminiummetaphosphat 786.
Silberbleimetasulfantimonit 761, 765.
Silberblei-$\frac{2}{5}$-sulfantimonit 762, 766.
Silberborowolframat-Tesserakaidekahydrat 745.
Silberbromat 80, 89.
Silbercarbonat 189.
Silberchlorat 80, 88.
Silberchromat 320.
Silberchromat-Ammoniak 362.
Silberdichromat 585, 591.
Silberdithionat-Dihydrat 687, 697, 698.
Silberjodat 81, 90.
Silberkies 756.
Silbermetaperjodat 175, 176.
Silbermetasulfantimonit 761, 764.
Silbermetasulfarsenit 761, 763.
Silbermetasulfobismutit 761, 764.
Silbermolybdat 321.
Silbernitrat 58, 62, 73.
Silbernitrat-Ammoniak 96.
Silbernitrat-Mercuricyanid 99, 100.
Silbernitrit 18, 19.
Silbernitrit-Ammoniak 18, 19.
Silberorthoarsenat 795.
Silberorthophosphat 794.
Silberorthosulfantimonit 762, 767.
Silberorthosulfarsenit 762, 767.
Silberpalladionitrit 30, 37.
Silberperchlorat 164.
Silberpermanganat 164, 167.
Silberplatonitrit 30, 38.
Silberplumbit 296.
Silber, saures überjodsaures 181, 182.
Silberselenat 320, 335.
Silberselenat-Ammoniak 862.
Silber-$\frac{1}{12}$-sulfantimonit 763.
Silber-$\frac{1}{5}$-sulfantimonit 763, 768.
Silber-$\frac{1}{9}$-sulfantimonit 763, 769.
Silber-$\frac{1}{9}$-sulfarsenit 763, 769.
Silbersulfat 320, 334.
Silbersulfat-Ammoniak 862.
Silbertellurat 291, 292.
Silberwismutglanz 761, 764.
Sillimanit 259, 260.
Simonyit 486, 505.
Skapolith 276.
Skleroklas 761, 764.
Skolezit 280, 285.
Skorodit 844, 847.
Smithit 761, 763.
Smithsonit 208.
Soda 190, 197.
Sodalith 267, 271.
Spangolith 577, 578.
Spessartin 276.
Sphärokobaltit 201.
Sphen 255, 257.
Spinell 749, 752.
Spodumen 265, 269.
Sprödglimmer 278.
Staurolith 278, 284.
Steenstrupin 862.
Stelznerit 439, 441.
Stephanit 763, 768.
Stercorit 806.
Sternbergit 756.
Strengit 844, 846.
Stokesit 287, 290.
Stolzit 384, 395.
Strontianit 202, 209.
Strontiumaluminiumorthosilicat 286.
Strontiumarsenmolybdat-Diskaitriakontahydrat 864, 880.
Strontiumbromat-Monohydrat 111, 113.
Strontiumcarbonat 202, 209.
Strontiumcerofluorocarbonat 219.
Strontiumchlorat 103, 108.
Strontiumchromat 381, 388.
Strontiumdichromat-Trihydrat 585, 593.
Strontiumdithionat-Tetrahydrat 689, 705.
Strontiumdivanadat-Enneahydrat 851, 860.
Strontiumjodat 104, 108.
Strontiummetaborat 785.
Strontiummetaperjodat-Hexahydrat 183, 185.
Strontiummetasilicat 232.
Strontiummetawolframat-Oktohydrat 599, 607.
Strontiummolybdat 384, 394.
Strontiumnitrat 103, 104.
Strontiumnitrat-Tetrahydrat 111, 119.
Strontiumnitrit-Monohydrat 20.
Strontiumplatinthiocyanat 17.
Strontiumplatodijodonitrit-Oktohydrat 46, 51.
Strontiumplatonitrit-Trihydrat 45, 46.
Strontiumselenat 382, 388.
Strontiumsilicomolybdat-Hexakaiïkosihydrat 628, 645.
Strontiumsilicowolframat-Heptakaidekahydrat 622, 638.
Strontiumsilicowolframat-Heptakaiïkosihydrat 623, 645.
Strontiumsilicowolframat-Hexakaidekahydrat 622, 637.
Strontiumsilicowolframat-Triskaiïkosihydrat 622, 643.

trontiumsulfat 381, 387.
Strontiumthiosulfat-Monohydrat 665, 673.
Strontiumthiosulfat-Pentahydrat 666, 675.
Strontiumtitanat 233.
Strontiumuranoorthophosphat 845, 849.
Strontiumwolframat 384, 394.
Struvit 830, 840.
Stylotyp 762, 766.
Subphosphate 775.
Subphosphite 769.
Sulfoborit 735, 737.
Sulfohalit 373.
Sulvanit 811.
Susannit 444, 445.
Svabit 849.
Svanbergit 863.
Sychnodymit 756.
Symplesit 829, 839.
Synadelphit 844.
Synchysit 219, 223.
Syngenit 482, 492.

Talk 234.
Tantalit 786.
Tapiolit 786.
Tarapacaït 848.
Tarbuttit 818, 825.
Tarnowitzit 203.
Tauriscit 402.
Tellursäure, Verb. mit Jodaten 292.
Tellursulfat, basisches 474, 475.
Tephroït 245, 249.
Terbinsulfat-Oktohydrat 447.
Terbiumsilicowolframat-Oktokaihebdomekontahydrat 625, 656.
Teschemacherit 192.
Tetraammoniumtricarbonat-Dihydrat 190, 195.
Tetraäthylammoniumaluminiumsulfat-Hexahydrat 553, 563.
Tetraäthylammoniumnitrososulfoferrit 757, 758.
Tetracalciumphosphat 817, 823.
Tetracuprihexahydrosulfat 439, 442.
Tetraëdrit 762.
Tetrahydrogenbaryumdiorthophosphat 815, 819.
Tetrahydrogenbaryumorthoarsenat-Dihydrat 827, 832.
Tetrahydrogencadmiumarsenmolybdat-Hendekahydrat 864, 873.
Tetrahydrogencalciumarsenmolybdat-Oktohydrat 864, 871.
Tetrahydrogencalciumorthophosphat-Monohydrat 827, 830.
Tetrahydrogencupriarsenmolybdat-Pentakaidekahydrat 864, 874.
Tetrahydrogendiammoniumarsenmolybdat-Dihydrat 863, 870.
Tetrahydrogendiammoniumtrimagnesiumtetraorthophosphat-Oktohydrat 830, 840.
Tetrahydrogendikaliumarsenmolybdat-Trihydrat 863, 871.
Tetrahydrogendilithiumarsenmolybdat-Dodekahydrat 863, 871.
Tetrahydrogendinatriumarsenmolybdat-Dekahydrat 863, 871.
Tetrahydrogenkobaltoarsenmolybdat-Hendekahydrat 864, 873.
Tetrahydrogenmagnesiumarsenmolybdat-Hendekahydrat 864, 872.
Tetrahydrogenmanganoarsenmolybdat-Hendekahydrat 864, 872.
Tetrahydrogennickelarsenmolybdat-Hendekahydrat 864, 872.
Tetrahydrogentetrakaliumsilicohendekawolframat-Dekahydrat 619, 627.
Tetrahydrogenzinkarsenmolybdat-Hendekahydrat 864, 873.
Tetrahydrogenzinkorthophosphat-Dihydrat 827, 831.
Tetrahydroxypentacupridiphosphat 818, 825.
Tetraïsoamylammoniumnitrat 71, 78.
Tetrakaliumtricarbonat-Trihydrat 190, 195.
Tetrakaliumsubphosphat-Oktohydrat 775, 782.
Tetramethylammoniumchromat 325, 350.
Tetramethylammoniumdichromat 585, 591.
Tetramethylammoniumnitrat 71, 78.
Tetramethylammoniumnitrososulfoferrit 757.
Tetramethylammoniumperchlorat 166, 174.
Tetramethylammoniumpermanganat 166, 174.
Tetramethylstiboniumchlorat 84.
Tetramethylstiboniumchromat 310.
Tetramethylstiboniummetaperjodat 175.
Tetrammin-Ammonium-Kobaltisulfit-Trihydrat 302, 304.
Tetrammin-Cuprinitrat 123.
Tetrammin-Cuprisulfat-Monohydrat 405, 438.
Tetrammin-1-2-Dinitrit-Kobaltinitrat (Flavoverb.) 135, 136.
Tetrammin-Kobaltidicarbonatosulfat-Trihydrat 470, 471.
Tetrammin-Kobaltchlorodinitrit 23, 25.
Tetrammin-Kobaltdithiocyanonitrit 24, 26.
Tetrammin-Natriumkobaltisulfit-Dihydrat 301.
Tetrammin-Natriumkobaltisulfit-Trihydrat 302.
Tetrammin-Nickelnitrat-Monohydrat 123.
Tetrammin-Platidichloronitrat-Dihydrat 136, 140.